



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA MECANICA**

Mon  
621.194  
C337  
2010

**PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
DE LA CALDERA DE LA EMPRESA WALTER FERRETI,  
ENABAS**

**Trabajo Monográfico para Optar el Título de:**

**INGENIERO MECANICO**

**AUTORES:**

**Br. Jaume Caselles Torrescasana**

**Br. Cesar Alfonso Zepeda León**

**TUTOR:**

**Ing. William Urbina Espinoza**

**Managua, Nicaragua Febrero de 2010**

## **DEDICATORIA**

**Agradecemos a nuestros padres, esposas e hijos, por la infinita paciencia y el estarnos recordando que debíamos terminar lo que habíamos empezado. Nunca puede existir un paso después, sino hemos dado un paso antes. El hecho de estar hoy donde estamos es producto de muchos pasos que hemos dado y pensamos que es el momento de dar este paso que lo habíamos postergado.**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación, reúne las condiciones de operación de un tipo de generador de vapor muy particular existente en Nicaragua, dado que por lo general las calderas de vapor presentan las características constructivas pirú tubulares o acuotubulares comúnmente, este por lo contrario combina ambas condiciones de diseño.

Se realiza un diagnostico de los fallos más comunes en este tipo de caldera. Para ello fue necesario realizar un estudio acerca de sus condiciones, tanto constructivas como de operación.

Se definen los parámetros de operación de estado estable del equipo, se caracterizan los problemas más comunes ante condiciones de fabricación , reparación, operación y fuera de condiciones de trabajo normal; se realiza un estudio sobre los posibles fallos de estos equipos y sus principales componentes, presentando los problemas, causas y posibles soluciones ante estos fallos inesperados que por diferentes causas se pueden presentar ante la operación estable, y que en un momento se determinado se pueden resolver ante un programa de mantenimiento correctivo.

Se diseña un plan de mantenimiento preventivo basado en la experiencia tanto del personal de mantenimiento como del personal de apoyo y de operación. Este trabajo puede usarse en todo momento como un manual de mantenimiento del generador de vapor dado que reúne todas las características del mismo.

El plan de mantenimiento está desglosado en las diferentes áreas definido en una hoja de mantenimiento, presentando la distribución de las diferentes actividades del mantenimiento en el tiempo con sus características particulares de cada actividad. Se describe a su vez las operaciones que deberán de desarrollar tanto el personal de operación como el personal de mantenimiento en cada una de las actividades que encierra un Plan de Mantenimiento Preventivo Planificado.

Este plan de mantenimiento trata en todo momento de asegurar el funcionamiento del equipo con los niveles de más alta eficiencia y alargar en todo momento la vida útil del equipo. Para tales fines se diseñaron los formatos necesarios para asegurar un buen control del mantenimiento y garantizar el flujo de la información necesaria.

## **INDICE DE CONTENIDOS**

## **Página**

### **Generalidades.**

Introducción	1
Antecedentes. Y Justificación	2
Objetivos Generales y Específicos	4
Diseño Metodológico	5

### **CAPITULO I: MARCO TEÓRICO:**

1.1 Calderas, definiciones	7
1.2 Tipos de calderas	7
1.3 Calderas de tubos de humos o pirotubulares	8
1.4 Calderas de tubos de agua o acuotubulares	8
1.5 Termodinámica, definición	9
1.6 Transferencia de calor, definición	10
1.7 Mantenimiento, definición	11
1.8 Ciclo de trabajo del mantenimiento	11
1.9 Sistema de mantenimiento	15

### **CAPITULO II: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y RÉGIMEN DE TRABAJO DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA ENABAS.**

2.1 Descripción del generador de vapor	20
2.2 Caballo de vapor BHP	20
2.3 Caldera parte acuotubular	21
2.4 Caldera parte pirotubular	21
2.5 Materiales y equipos	21
2.6 Régimen de trabajo	21
2.7 Parámetros de operación de la caldera	25
2.8 Procedimiento de encendido de la caldera	25
2.9 Prueba hidrostática, procedimiento	28

### **CAPITULO III: ANÁLISIS DE FALLO EN EL GENERADOR DE VAPOR, EMPRESA ENABAS**

3.1 Introducción	31
3.2 Esfuerzo térmico en calderas	31
3.3 Problemas que ocasiona el agua en las calderas	33
3.3.1 Incrustaciones y depósitos de lodos	33
3.3.2 Corrosión	36
3.4 Corrosión en las tuberías de condensado y vapor	38
3.5 Fragilización cáustica del acero	39
3.6 Contaminación del vapor	39
3.7 Problemas que ocasiona la soldadura	40
3.7.1 Grietas	40
3.7.2 Falta de penetración	41
3.7.3 Falta de metal	41
3.7.4 Socavadura	42
3.7.5 Junta frías, pegaduras	42
3.7.6 Inclusiones de escorias	42
3.7.7 Exceso de penetración	42
3.7.8 Sobrecalentamiento	42
3.8 Gases presentes en el acero	43
3.9 Tipos de averías en los tubos de una superficie de calentamiento	43
3.9.1 Recristalización	46
3.9.2 Esferiodización	47
3.9.3 Grafitación	47
3.9.4 Esgurrimiento (CREEP)	47
3.9.4.1 Velocidad de escurrimiento	48
3.10 Envejecimiento	49
3.11 Fragilidad en caliente	49
3.12 Fragilidad en frío	49
3.13 Corrosión cáustica	60
3.14 Fatiga térmica	49
3.15 Problemas del refractario y el aislamiento	61
3.16 Defectos y tipos de deterioros de los accesorios	65

## **CAPITULO IV: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA WALTER FERRETI, ENABAS.**

4.1 Importancia del mantenimiento preventivo programado	57
4.2 Mantenimiento correctivo, definición	58
4.3 Estrategia del mantenimiento	59
4.4 Plan de Mantenimiento preventivo del generador de vapor	60
4.4.1 Mantenimiento diario	60
4.4.2 Mantenimiento semanal	62
4.4.3 Mantenimiento mensual	63
4.4.4 Mantenimiento trimestral	65
4.4.5 Mantenimiento anual	65
4.5 Mantenimiento de bombas	66
4.5.1 Bomba alimentación agua de caldera	66
4.5.2 Bomba de condensados	67
4.5.3 Bomba de combustible (Bunker)	67
4.5.4 Bomba de combustible incorporada al quemador	68
4.6 Procedimiento de sopleteado en los tubos de fuego	69
4.7 Mantenimiento de los niveles visuales de cristal	70
4.8 Procedimiento de condenar un tubo de fuego en operación	72
4.9 Diagnostico de problemas, causas y soluciones ante avería	73
4.6.1 Mantenimiento de bomba, diagnostico	73
4.6.2 Bandas en V	77
4.6.3 Quemadores	79

## **CAPITULO V: CONTROL DEL MANTENIMIENTO.**

5.1 Control del mantenimiento	81
5.2 Instrucciones y formatos	81
5.2.1 Instructivos	81
5.2.2 Formatos	83
5.2.2.1 Ficha técnica	83
5.2.2.2 Hoja de inspección	84
5.2.2.3 Solicitud de trabajo	84
5.2.2.4 Orden de trabajo	84

5.3 Flujo de información	85
5.4 Propuesta para desarrollar un sistema de información de Ingeniería y mantenimiento.	88

## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

6.1 Recomendaciones sobre la Seguridad	91
6.1.1 Maquinas	92
6.1.2 Herramientas Pequeñas	92
6.1.3 Escaleras y Andamios	93
6.1.4 Levantamiento	94
6.1.5 Orden y Limpieza	94
6.1.6 Equipos de Protección y Ropas Seguras	94
6.2 Recomendaciones Generales	95
6.3 Conclusiones	97
Bibliografía	99

## **ANEXOS**

Anexo I - Planos del generador de vapor	103
Anexo II – Formatos de mantenimiento	104
Anexo III – Esquema de un Sistema e Ingeniería y mantenimiento	117
Anexo IV – Tabla de tiempo por actividad	119





## **INTRODUCCION:**

Es bien sabido que en una gran parte de las empresas del país, principalmente en las del área estatal, no existen sistemas eficientes de mantenimiento, debido a la mala administración y la falta de recursos. Al área administrativa, en general, lo que le interesa únicamente es que el equipo funcione, sin tener que invertir dinero en la manutención de los mismos. Se le pide siempre a los encargados de mantenimiento elaborar planes para la manutención de los equipos, para así asignar una parte del presupuesto de la empresa para esta tarea; pero a la hora de la verdad estos recursos se desvían en otras actividades y no a lo que originalmente se asignaron. Al final, cuando el equipo se deteriora, se le atribuye la responsabilidad al técnico o al encargado de mantenimiento, y no al administrador, quien en realidad es el que asigna los recursos monetarios para la actividad de mantenimiento.

Con este trabajo queremos hacer ver que todas las instancias son responsables de la manutención del equipo, desde el operador hasta el administrador, y el director de la empresa.

¿Qué es lo que se logra cuando un plan de mantenimiento es llevado a la práctica?

- 1.- Alargar la vida útil del equipo.
- 2.- Reducción de las reparaciones imprevistas.
- 3.- Reducción de los gastos operativos.
- 4.- Aumento de la productividad.

Al inicio, todo plan de mantenimiento resulta un poco difícil de implementar debido a que hay que ir habituando a los técnicos a un nuevo régimen de trabajos y rutinas de chequeos. El equipo, al no tener un mantenimiento, se va deteriorando, por lo que hay que ir haciéndolo entrar en su normativa de explotación, según el fabricante; esto conlleva a una inversión inicial y un periodo de adaptación. Con el tiempo, una vez haya cumplido con su ciclo de explotación, las reparaciones y los costos disminuirán.

## ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION:

Las empresas precisan ser competitivas para mantenerse o sobrevivir en el mercado. Para ello deben buscar la mayor disponibilidad operacional de sus equipos y una permanente mejora en la explotación de sus equipos de producción, dentro de una gestión de calidad total.

Esto las obliga a transformar las estructuras organizacionales, contemplar un desarrollo permanente de las áreas productivas, aumentar el nivel de utilización de los equipos al máximo posible, alargando su vida útil, invertir en la automatización de equipos y procesos, asegurar el grado de disponibilidad de sus equipos, reducir y optimizar sus costes al mínimo aceptable. Todo ello sin olvidarnos de respetar las condiciones de trabajo y seguridad del personal, los plazos de entrega programados y la preservación del medio ambiente.

En este contexto, proponemos a la **Empresa Walter Ferreti, ENABAS** considerar la función “mantenimiento” como un instrumento excelente para mejorar la competitividad en esta empresa.

Las empresas deben ir evolucionando tecnológicamente hasta quedar enfocada en la actualidad en:

- ✓ Asegurar la disponibilidad operacional de los equipos (correctivo, preventivo, predictivo, monitoreo por condición, control, inspecciones y manejo de activos).
- ✓ Mejorar los equipos e instalaciones productivas en forma continua (a través de modernizar o mejoras para reducir costes de mantenimiento y producción);
- ✓ Controlar y supervisar los trabajos nuevos y los contratos de outsourcing.

La mayoría de empresas del país y principalmente las del área estatal por la falta de un presupuesto y de personal técnico calificado no implementan sistemas de mantenimientos eficientes que tengan como propósitos asegurar las condiciones de operación de los equipos.

Para poder implementar el Mantenimiento Preventivo Planificado a esta Empresa proponemos revisar los métodos de trabajo y organización. Para llevarla a los nuevos tiempos.

## **OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS:**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Proponer un plan de Mantenimiento Preventivo de la Calderas de la EMPRESA WALTER FERRETI, ENABAS

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Implementar un sistema de mantenimiento preventivo en la sala de caldera.
- Diseñar los cronogramas de actividades para la reparación e inspección de los distintos equipos.
- Elaborar los formatos necesarios para llevar el control del mantenimiento preventivo planificado en la sala de calderas de ENABAS.

## **DISEÑO METODOLOGICO**

Para la realización de esta investigación se empleará el diseño de “métodos de carácter investigativo”, basados en los aspectos teóricos y prácticos de las áreas técnicas tales como: Termodinámica I y II, Transferencia de calor, Plantas térmicas, Electrotecnia, Sistemas de medición y Control Automático de procesos industriales.

Fundamentalmente la evaluación del equipo estará basada en la experiencia de los operadores y la experiencia de los técnicos que dan el mantenimiento a esta caldera, así como el manual con las recomendaciones del fabricante.

Esta investigación será ecológicamente compatible con el medio ambiente, es más, se está utilizando sistemas de tratamientos similares que operan con gran éxito en muchos países del mundo, contribuyendo a la conservación del medio ambiente al reducir considerablemente la carga orgánica de las aguas de desecho y de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

# **CAPITULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

## 1. Introducción:

**1.1 Caldera, Definición.** Es un recipiente herméticamente cerrado para producir vapor de agua a una presión mayor que la atmosférica.

Las superficies de calefacción de la caldera son aquellas partes que por un lado se encuentran en contacto con el agua y por el otro recibe calor por los gases del fuego directamente; estos a su vez se subdividen en dos:

**Superficie de calefacción directa:** Es la que recibe directamente el calor de las flamas de la combustión.

**Superficie de calefacción indirecta:** Es la que recibe el calor por medio de los gases de la combustión.

Los generadores de vapor se clasifican según criterios diferentes, relacionados con la disposición de los fluidos y su circulación, mecanismo de transmisión de calor dominante, el tipo de combustible empleado, la presión de trabajo, el tiro, el modo de operación y parámetros exteriores al generador ligados a la implantación, ubicación, lugar del montaje y aspectos estructurales.

### 1.2 Tipos de calderas.

En general las calderas se dividen en:

- Calderas de tubos de humo (Piro tubulares).
- Calderas de tubos de agua (Acuotubulares).



### 1.3 Calderas de tubos de humo (Piro tubulares).

En estas calderas los gases de combustión pasan a nivel interno de los tubos (fig. 1.1) mientras estos están sumergidos en el agua, y que actúan como el medio de transferencia de calor.

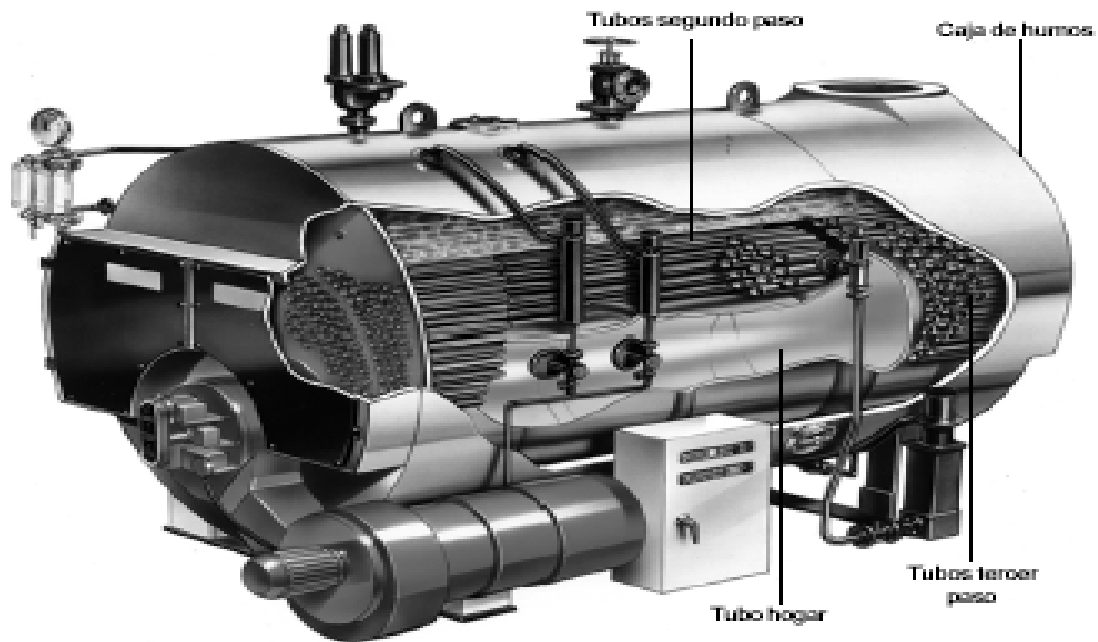
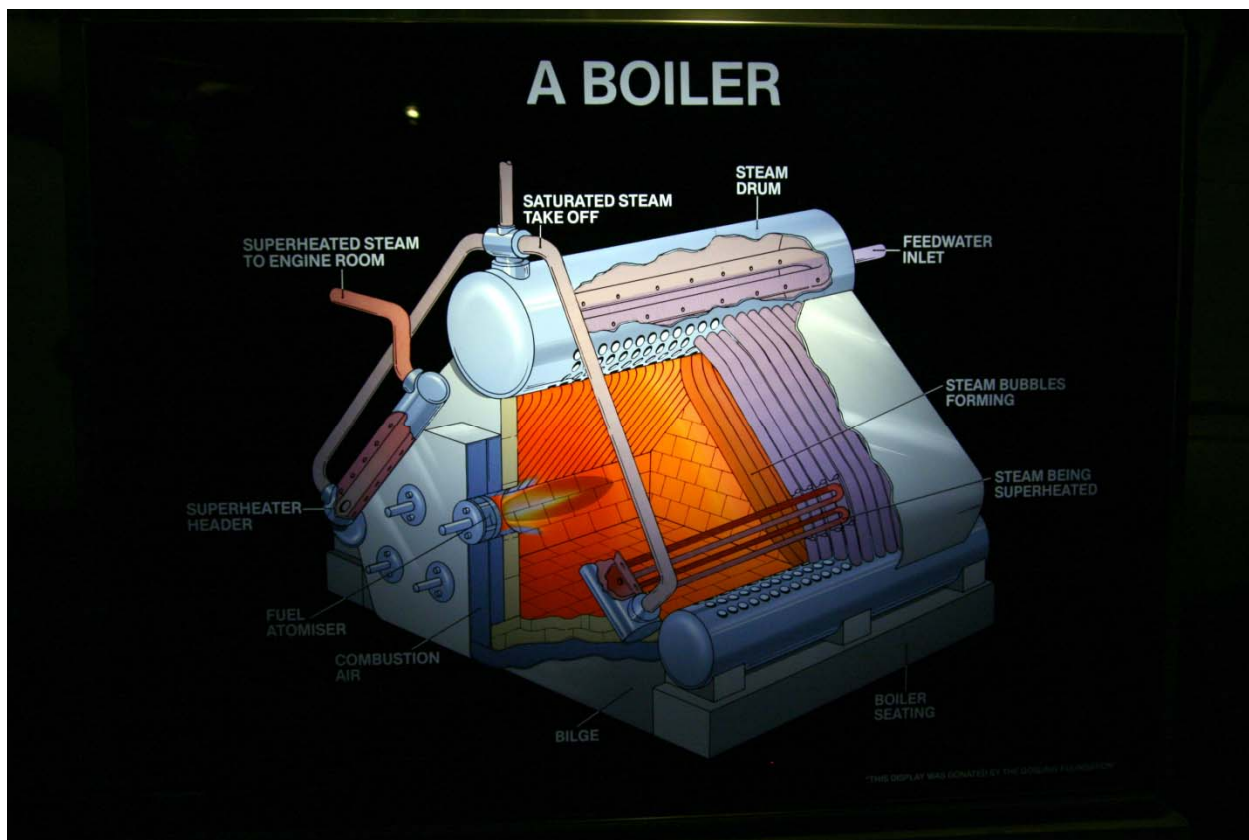


Fig. 1.1 Caldera Compacta clásica piro tubular, Modelo escocesa IV

### 1.4 Calderas de tubos de agua (Acuotubulares).

En estas calderas los gases de combustión pasan a nivel externo de los tubos, mientras que a nivel interno de la tubería pasa el agua en un proceso de transformación de líquido a vapor (fig. 1.2).

Estos tipos de calderas pueden abarcar todos los rangos de presión, pudiendo generar grandes volúmenes de vapor.



**Fig. 1.2** Caldera acuotubular

## 1.5 Termodinámica, Definición.

En el campo de estudio energético existe una ciencia que abarca con éxito los múltiples procesos de transformación de diferentes formas de energía, tal ciencia es llamada termodinámica.

De forma más formal la Termodinámica es la ciencia sobre la energía y las leyes de transformación de la misma, que se fue formando en el siglo XIX, debido al desarrollo de las máquinas de vapor, en las que el calor creado al quemar el combustible se transforma en trabajo.

La termodinámica, es igual que cualquier otra ciencia, maneja sus principios, términos y definiciones de la termodinámica.

Constituye un caso particular del principio general de la conservación y de transformación de la energía, aplicado a los procesos de transformación recíproca del calor y el trabajo. El principio afirma que la suma de todos los tipos de energía de un sistema aislado permanece constante, sean cuales sean los procesos que transcurren en dicho sistema.

### **1.6 Transferencia de Calor, Definición.**

El fenómeno de la transferencia de calor se produce de tres formas diferentes: Radiación, Conducción y Convección, por uno u otro de estos o por la combinación de los tres se desarrollan todas las fases de la transmisión de calor.

**La radiación:** Es la transferencia directa de calor en forma de energía radiante, procedente de la incandescencia del combustible o de las flamas luminosas y de los refractarios a los tubos o al cuerpo de la caldera.

**La conducción:** Es la transferencia de calor de una parte a otra de un mismo cuerpo u otro cuerpo con el que está en contacto físico, por lo que el calor se conduce a través de sólidos, líquidos y gases.

**La convección:** Se lleva a cabo porque el fluido en movimiento recoge energía de un cuerpo caliente y lleva energía a un cuerpo frío.

En la transferencia de calor el vapor es un extraordinario agente energético y térmico de muchos usos en nuestras industrias, por poseer unas series de cualidades valiosas, que lo hacen un elemento energético conveniente.

## **1.7 Mantenimiento, Definición.**

Tiene una función de optimizar el funcionamiento de una inversión de bienes de capital procurando aumentar efectivamente la disponibilidad de esos bienes y aplicando métodos de conservación adecuado a un costo total mínimo. Es por ello, que la función de mantenimiento no comienza en el taller de trabajo, sino en las etapas de planificación, proyección y ejecución de la inversión y entrenamiento de sus fuerzas para su posterior puesta en marcha del equipo y consolidarse durante la explotación.

El mantenimiento constituye uno de los rubros más importantes para reducir los costos de fabricación y su desarrollo ha sido amplio constituyendo una técnica científica aceptada en todas partes.

Actualmente las plantas industriales se están haciendo cada día más complejas y por lo tanto requieren mas desarrollo en el mantenimiento.

El resultado del trabajo de mantenimiento se traduce en aumento en la productividad. La cantidad y calidad de producción entregada esta determinada por la capacidad de producción instalada y la “disponibilidad” de esta capacidad.

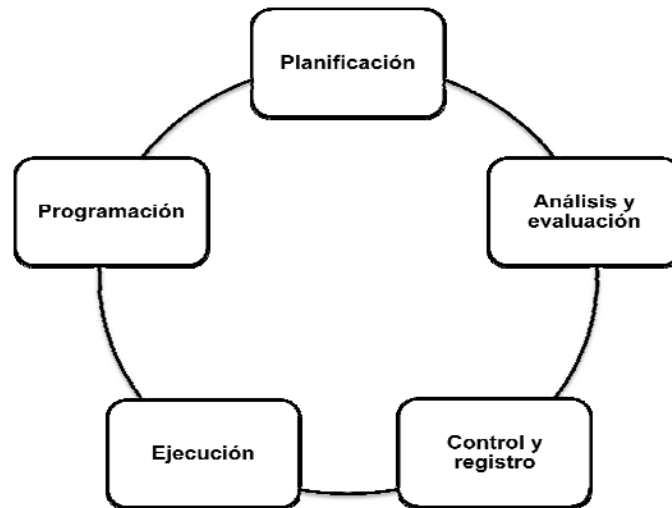
Es por ello que el objetivo del mantenimiento debe ser: Mantener la disponibilidad planificada al más bajo costo, pero por encima de todo, dentro de las prescripciones de seguridad.

Los pasos más importantes para un buen mantenimiento que contribuya a prolongar la vida del equipo son los siguientes:

- Observación y registro de la operación del equipo.
- Inspección periódica.
- Trabajos de mantenimiento planificado.
- Lubricación.

## 1.8 Ciclo de Trabajo del Mantenimiento.

El ciclo de mantenimiento (esquema 1.1) está compuesto por las funciones cuya aplicación rigurosa garantiza un mantenimiento eficiente:



Esquema 1.1 Ciclo de Mantenimiento Preventivo Planificado

**Planificación:** El mantenimiento esta muy lejos de ser una actividad operativa y requiere que todo lo que a él, se refiera, este debidamente planificado. Esto obliga a determinar con suficiente antelación la carga de trabajo de mantenimiento requerida, tal como las reparaciones generales y capitalizables, la carga de imprevistos o averías estimadas, la carga de mantenimiento preventivo y correctivo calculada por los récords estadísticos, las modificaciones e inversiones solicitadas, etcétera. (Conociendo la carga de trabajo para el periodo planificado debe calcularse el presupuesto necesario para afrontar los costos, y sobre la base de ello planificar los recursos laborales y materiales que se necesitarán y que deberán ser tomados en cuenta durante la etapa de elaboración y presentación del Plan Técnico Económico).

**Programación:** Una programación eficiente permite la realización exitosa de cargas de trabajo planificadas para un periodo dado. Normalmente se programan las reparaciones generales y capitalizables planificadas.

Asimismo, se programa diariamente la carga de trabajo consignada en el plan mensual operativo de mantenimiento que suele conformarse a partir de:

- • Las solicitudes de orden de trabajo sobre el mantenimiento correctivo.
- • Las actividades derivadas del plan de mantenimiento preventivo planificado.
- • Las solicitudes de orden de trabajo sobre requerimientos a resolver de Seguridad Industrial.
- • Las solicitudes de orden de trabajo sobre trabajos preparatorios para la próxima reparación general de acuerdo al gráfico elaborado al efecto.
- • Las solicitudes de orden de trabajo de las áreas administrativas y de servicios de la empresa o fábricas.
- • Las inspecciones rutinarias profilácticas a equipos e instalaciones.
- • Los trabajos surgidos con carácter urgente producto de averías.
- • Los trabajos derivados del plan de fabricación y recuperación de piezas de repuestos, etcétera.

De una adecuada planificación y programación del mantenimiento depende que los trabajos de mantenimiento se ejecuten:

- • En el tiempo correcto.
- • En la forma correcta.
- • Con el personal correcto.
- • Con los recursos materiales correctos.
- • En el momento correcto.

**Ejecución:** La ejecución de la carga de trabajos programados debe contar con una buena información que permita saber sin lugar a dudas:

- “¿Qué hacer?”.
- “¿Dónde hacerlo?”.
- “¿Cómo hacerlo?”.
- “¿Con qué hay que hacerlo?”.
- “¿Quién debe hacerlo?”.
- “¿Porqué hay que hacerlo?”.
- “¿En qué tiempo hay que hacerlo?”.

Para ello el personal de mantenimiento debe constar con las actividades de reparación que establecen las acciones a ejecutar para cada tipo de mantenimiento, la documentación técnica del equipo, como consulta y referencia, y disponer de los medios y recursos materiales necesarios para la realización exitosa de su trabajo. En la preparación de estas condiciones juega un papel de gran importancia el mando intermedio a partir del Jefe de Grupo, quien debe supervisar y controlar el trabajo y mantener informado y atendido a su personal acerca de la importancia y desarrollo del trabajo que ejecutan, así como la incidencia de éste en el proceso productivo.

La experiencia práctica ha demostrado que para que haya un efectivo control y supervisión del trabajo de mantenimiento el personal de ejecución debe estar organizado en Grupos y el Jefe de Grupo no debe tener subordinado más de 10 ó 12 trabajadores, salvo en aquellos casos en que el trabajo se realice en locales cerrados donde el Jefe de Grupo pueda observar, dirigir y controlar a todo su colectivo.

**Control y Registro:** Una organización de mantenimiento con un aceptable nivel de eficiencia debe contar con un sistema de control y registro de las experiencias acumuladas y los trabajos ejecutados que permitan la continuidad y retroalimentación de las demás funciones del ciclo de trabajo.

Este sistema debe de garantizar que quede reflejado y recogido en las carpetas y archivos habilitados para cada equipo e instalación que permita conocer:

- “¿Qué se hizo?”.
- “¿Cuándo se hizo?”.
- “¿Quién lo hizo?”.
- “¿En qué tiempo se hizo?”.
- “¿Con qué medios se hizo?”.
- “¿Con qué calidad se hizo?”.

Así como todas las observaciones de carácter técnico y económico relacionadas con el trabajo que resulten de valor para el futuro ANÁLISIS y EVALUACIÓN y la imprescindible retroalimentación para la futura PLANIFICACIÓN.

## **1.9 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.**

A lo largo de la historia en el desarrollo industrial se han empleado diferentes tipos de mantenimiento en dependencia de las condiciones dadas. Entre las más identificadas tradicionalmente se puede mencionar:

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento productivo total (TPM).

A continuación se definirá y explicará cada uno de estos sistemas:

**Mantenimiento correctivo:** En esta etapa de reparación se trabaja fundamentalmente cuando se ha producido una rotura o colapso del equipo. Normalmente hay que disponer de todo el personal posible, gran cantidad de stock de piezas de repuestos debido a la falta de



seguridad en el funcionamiento. En definitiva es una etapa donde la organización del mantenimiento trabaja detrás de la avería.

El mantenimiento correctivo es barato en cuanto a costos directos, pero caro en el proceso productivo, ya que generan tiempos de espera que en algunos casos llegan a ser considerables. Además el hecho de haber actuado después de la avería, da lugar a menudo, a accidentes y daños secundarios y en el mejor de los casos, a importunas pérdidas de producción servicios.

**Mantenimiento preventivo planificado (M.P.P.):** Comprende todas las intervenciones programadas por mantenimiento durante la vida del equipo, adelantándose a la avería e imprevistos mediante una adecuada planificación, corrigiendo los puntos más vulnerables en el momento oportuno.

Como cada avería tiene carácter aleatorio, es casi imposible que se realicen los recambios de piezas y (o) componentes justo antes del momento de la avería. Estas incertidumbres se compensan con la reposición anticipada de la avería, causando conscientemente el desaprovechamiento de la reserva de uso de la pieza sustituida.

**El mantenimiento preventivo planificado presenta otras clasificaciones:**

**Mantenimientos diarios:** Consiste en aquellas actividades sencillas de mantenimiento que el equipo requiere diariamente, generalmente se trata de limpieza y lubricación; y normalmente queda a cargo del operador del equipo y no de los trabajadores de mantenimiento.

**Revisión general:** Consiste en una revisión sistemática del buen funcionamiento del equipo. Esta revisión se efectúa de forma visual o con la utilización de instrumentos de medición, como tacómetros, voltímetros, etc.

En este tipo de revisión es importante que se chequee el ruido y las vibraciones del equipo, ya que esto puede indicar desperfecto potencial. En ocasiones la revisión general también incluye limpieza y lubricaciones en algunos elementos del equipo.

**Mantenimiento menor:** Consiste en la revisión y (o) sustitución de un numero limitado de piezas tales como piezas de unión (especialmente las que trasmite cargas dinámicas), piezas que transmiten movimiento como engranajes, correas bandas y cadenas.

**Mantenimiento mediano:** Consiste en la realización de desmontajes parciales del equipo y sustitución de unidades complejas, limpieza de boquillas, difusores, cambios de balineras, sustituciones de motores por motores ya refaccionados.

**Mantenimiento general:** Consiste en el desmontaje y limpieza total de la maquinas y sus sistemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos, de aire comprimido, etc. Se supone que con este tipo de mantenimiento el equipo debe de recuperar por lo menos el 90% de su capacidad productiva original.

Estas definiciones son muy generales y, en la mayoría de los casos lo que define si un trabajo pertenece a un mantenimiento menor, mediano, o general es la frecuencia del mismo, si el trabajo tiene que realizarse con mucha frecuencia debe ser considerado como parte del mantenimiento menor, si el trabajo se realiza con muy poca frecuencia puede caer dentro del mantenimiento general, los casos intermedios serán considerados medianos.

**Mantenimiento predictivo o por diagnóstico:** Es una metodología que tiene como objetivo final asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas, a través de la inspección continúa de los límites correspondientes a los parámetros indicadores de su condición (termografía, vibraciones, ultrasonido, etc.) y que se realiza sin necesidad de recurrir a desmontajes o paros del equipo.

Esta metodología permite seguir con notable precisión el estado de la maquinaria y equipos auxiliares, así como la evolución de los síntomas de fallos, con el fin de:

- a) Conocer con gran precisión el momento en el cual se va a producir la avería o fallo, a fin de poder evitar a través de una intervención programada.

- b) Alargar al máximo posible la vida útil de las piezas y conjuntos, a fin de abaratar el costo de mantenimiento.

En muchos casos, la captación de la señal, así como su posterior análisis e interpretación, requiere tecnologías específicas especializadas, con una implementación también compleja cuyo manejo requiere de un personal altamente calificado, de ahí que haya resistencia a su generalización.

**Mantenimiento productivo total (TPM):** El concepto de mantenimiento productivo total hay que situarlo en el contexto de una evolución del concepto de mantenimiento clásico y de una nueva filosofía de producción, es decir, los conceptos de calidad total.

La meta del (TPM), es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a este nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambas de manera estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requisito importante para el éxito del TPM.

También existe el **mantenimiento autónomo**, el cual es un conjunto de actividades de mantenimiento que se realizan en grupos pequeños de operarios de modo autodirigido.

Para esto los operadores autónomos deben realizar las siguientes actividades:

- Limpiezas como inspección de equipos.
- Inspecciones.
- Ajustes y preparación.
- Lubricación.
- Reparaciones menores.

## **CAPITULO II**

# **CARACTERISTICAS TECNICAS Y REGIMEN DE TRABAJO DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA ENABAS**

## **CARACTERISTICAS TECNICAS Y REGIMEN DE TRABAJO DEL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA ENABAS**

### **2.1 Descripción del Generador de vapor:**

El equipo al cual se le diseñara el plan de mantenimiento preventivo es un generador de vapor de 637 BHP de potencia con una producción de vapor de 10 toneladas/ horas. Es necesario aclarar la siguiente terminología utilizada:

La capacidad o potencia de una caldera se expresa en BHP ( Boiler Horse Power), y para las calderas de centrales la capacidad de generación como es tan grande puede darse MW (megawatt), de electricidad.

Esta caldera es una caldera que posee los principios de caldera pirotubular y de caldera acuotubular. Por un lado los tres quemadores se encuentran de forma frontal con la pared de material refractario y tubos por dentro de los cuales circula el agua y absorbe el calor por radiación, conducción y convección (caso acuotubular). Por otro lado tiene tres secciones de tiro inducido que son direccionados por separaciones de pared refractaria, hacia el espejo frontal de la caldera por donde circulan los gases calientes dentro de los tubos, estos hacen tres pases y pasa por un economizador antes de salir por la chimenea.

### **2.2 Caballo de vapor (BHP – Boiler Horse Power):**

Un BHP de caldera se define como la evaporación en términos de vapor saturado seco de 34.5 lb/hr de agua o 15.65 Kg /hr a una temperatura de 100 °C ( 212 °F), un HP de caldera por este método es equivalente a una capacidad de 33,475 BTU/hr (8,435.7 Kcal/hr). También en algunos países utilizan la superficie de calefacción de caldera en la cual un BHP es equivalente a 10 ft<sup>2</sup> (0.92 m<sup>2</sup>) de área de superficie.

Hoy en día la capacidad de producción de las calderas grande esta establecida en tanto en Kg/hr de vapor o BTU/hr o en MW de potencia producida.

El término de superficie de calefacción se usa también para decir o cifrar la capacidad de una caldera y esta expresada en unidades de area ( $\text{ft}^2$  ó  $\text{m}^2$ ).

### **2.3 Caldera parte Acuotubular:**

Esta caldera en su parte acuotubular tiene las siguientes medidas: Altura de 9 metros, 4 metros de ancho por 4 metros de largo, esta compuesta por un hogar refrigerado por agua y un prehogar, el hogar se encuentra en la parte baja y el prehogar en la parte alta. Aquí es donde van instalados tres quemadores mixtos los cuales pueden quemar diesel y Bunker No. 6. Un quemador es de encendido en el caso de utilizar combustible sólido en el hogar, y los otros dos son de apoyo.

### **2.4 Caldera parte Pirotubular:**

En la parte pirotubular sus medidas son: Largo de 4.7 metros y un diámetro de 3.4 metros. Esta conformado por tubos de tres medidas diferentes por donde circular los gases y calientan el agua. Tiene tres secciones de tiro las cuales están separadas por pantallas de bloque refractario. En la última etapa del tiro antes de salir por la chimenea tiene un economizador de pequeñas dimensiones, o sea, una hilera de 17 tubos en total, de  $\Phi$  57 x 3.2 mm, una longitud aproximada de 1,871 mm c/u y ocupan un espacio de 1,100 x 1,100 x 1,028 mm.

### **2.5 Materiales y Equipos.**

Para desarrollar un plan de mantenimiento en las sala de caldera, es necesario en primer lugar, contar con la lista de todos los equipos y materiales que componen la misma, y que de una u otra forma toman parte activa en su funcionamiento.

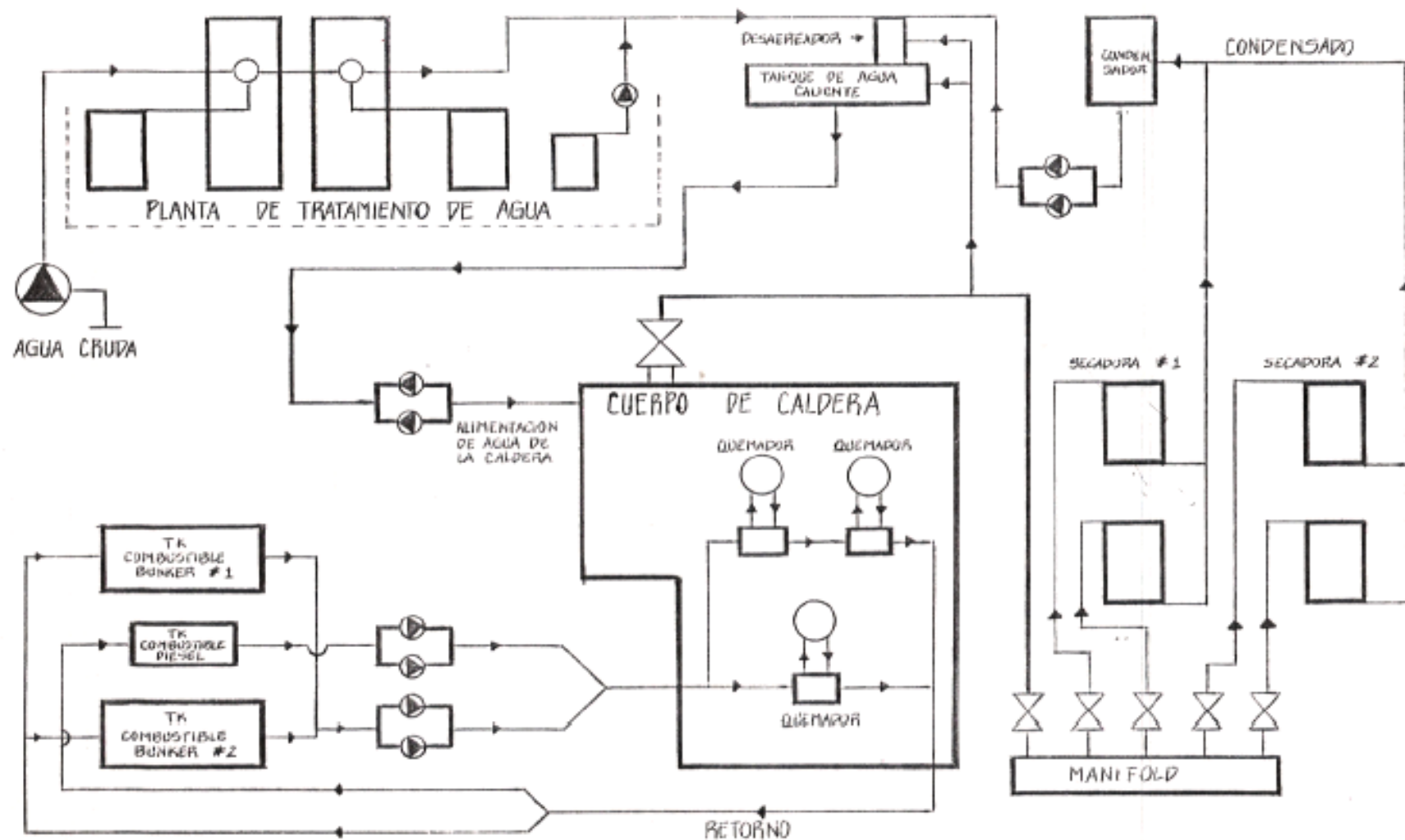
## 2.5 REGIMEN DE TRABAJO

Basándonos en el esquema de flujo que tenemos (esquema 2.1 Flujo de la caldera), expondremos las interrelaciones y el funcionamiento del equipo.

El bunker es precalentado en los tanques de almacenamiento por medio de dos serpentines eléctricos que contienen cada uno de los tanques. Una vez alcanzada la temperatura de bombeo, este es impulsado a los mezcladores, donde se combina el combustible de retorno con el de alimentación; de ahí es succionado por una pequeña bomba hacia el quemador; el excedente se retorna nuevamente a los tanques de almacenamiento, a través del mismo principio de alimentación, por medio del sistema de palancas y limiswitch, que impiden el funcionamiento de una línea de combustible mientras no estén conectadas las líneas correctamente.

Una vez que la caldera ha alcanzado su presión de trabajo, por medio de la flauta se corta la operación de los quemadores y queda trabajando el sistema de recirculación de combustible. Al obtener el vapor, este es trasladado a un distribuidor (manifold) y de ahí pasa a las secadoras de granos.

Esta secadora de granos se utiliza para bajar la humedad de distintos tipos de granos (arroz, trigo, sorgo, maíz, ajonjolí, etc) a un valor que permita su almacenamiento de forma segura y sin creación de bacterias que deterioren el producto almacenado.



Esquema 2.1 **FLUJO DE LA CALDERA**



Existen dos secadoras; cada secadora tiene dos baterías de secado que funcionan con el principio de corrientes cruzadas, es decir, por la parte interna circula vapor, y por la parte externa, en un ángulo perpendicular, circula aire, que es el que se ocupa para secar el grano. Del manifold, el vapor es distribuido a las secadoras y a las distintas baterías de secado a través de tuberías, las cuales trabajan con válvulas solenoides, y en un sistema de by-pass, para así poder solucionar problemas que se presenten en caso de averías.

Una vez que el vapor ha cumplido su función, es recolectado por una tubería provista de trampas, y este es enviado al tanque de condensado. En el tanque de condensado existe un nivel electromagnético, el cual envía la señal para encender las bombas y enviar este al desaireador.

En el desaireador tenemos tres entradas, las cuales son:

- a.- Una entrada de vapor por la parte baja. Esta es para arrastrar los gases disueltos en el condensado y el agua de reposición.
- b.- La entrada del condensado.
- c.- La entrada del agua de reposición, la cual viene ya tratada con químicos, y libre de dureza; además, en esta misma línea, esta conectada una bomba dosificadora la cual suministra el químico para el tratamiento interno de la caldera.

El agua de alimentación de la caldera viene de un pozo, y esta es tratada en un proceso de desmineralización aniónico y cationico. Este proceso es automático y solo requiere la asistencia del operador al momento de cambiar los reactivos químicos que se utilizan para regenerar la resina. A la salida de esta línea se conecta, por medio de una tubería, una línea que introduce el químico para el tratamiento interno de la caldera.

Una vez que el condensador ha pasado por el desaireador, este pasa al tanque de agua caliente, el cual es alimentado por una línea de vapor, siendo su objetivo calentar el agua que posteriormente se enviara a la caldera.

La alimentación de vapor al desaireador y al calentador es por medio de una línea viva de vapor que es tomada de la tubería principal del vapor. El control de la cantidad de vapor en la parte del desaireador se realiza mediante una válvula controladora de presión que mantiene una presión constantes entre 5 y 10 psig para evitar el flasheo del condensado. En la parte del calentador la cantidad de vapor es controlado por una válvula controladora de temperatura, con el objetivo de mantener el agua de alimentación de la caldera en un rango entre 185 y 194 °F (85 a 90 °C).

Una vez que el agua alcanzo su temperatura, y la caldera mando la señal de falta de agua, esta es bombeada a la caldera, repitiéndose el ciclo.

## **2.7 LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE ESTA CALDERA SON:**

Temperatura del bunker de alimentación: 180-200 °F

Temperatura del bunker de retorno: 100-150 °F

Temperatura del bunker para bombearlo: 140 °F

Presión de trabajo de la caldera: 150 psi

Temperatura de los gases de humo: 380 °F

Presión de suministro de agua a caldera: 150 psi

Regulador conectado de quemador # 1: 148 psi

Regulador desconectado de quemador # 1: 155 psi

Regulador conectado de quemador # 2: 154 psi

Regulador desconectado de quemador # 2: 161 psi

Regulador conectado de quemador # 3: 159 psi

Regulador desconectado de quemador # 3: 166 psi

Temperatura de ajuste de válvula termostatica : 158 °F

Depresión del hogar: 10 mm de mercurio (mm Hg.)

Ajuste de las válvulas de seguridad: 190 psi

## **2.8 PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DE LA CALDERA**

1. Antes de encender la caldera, se tiene que haber comprobado que todos los sistemas de seguridad funcionan; esto es lo que se conoce como la cadena de seguridad y comprende de los siguientes instrumentos:

**1.a.- Interruptor de urgencia:** En caso de urgencia o peligro puede interrumpirse la operación de la caldera con un dispositivo instalado fuera de la sala de caldera y en el armario de distribución, con la leyenda “Urgencia” y a la par tiene otro dispositivo con la leyenda de “Urgencia desbloqueo”.

**1.b.- Limitador de presión:** Es lo que se conoce como la flauta de presostatos, este interrumpe y bloquea el proceso de calentamiento antes de alcanzar la máxima presión de servicio admisible, un segundo presostato acciona las válvulas de seguridad en caso de incrementarse la presión mas allá de la presión de trabajo. El ajuste de esta flauta de presostatos se realiza una vez antes de poner en funcionamiento el equipo. En caso de accionarse el sistema de bloqueo por alta presión donde se accionaron las válvulas de seguridad, este se podrá desbloquear hasta que la presión dentro del equipo descienda a 130 psi.

**1.c.- Limitador de nivel de agua:** El mínimo nivel de agua admisible durante la marcha es vigilado por estos interruptores de nivel que son electromagnéticos, los cuales en caso de alcanzar o exceder el mínimo de agua, desconecta la marcha de la calefacción y la bloquea mediante la cadena de seguridad.

**Indicación:** Mediante aviso de luz intermitente Limitador de nivel de agua.

**Desbloqueo:** Después de haber eliminado la causa de la perturbación o sea mediante la realimentación de agua y manipulación del pulsador de desbloqueo en el armario de distribución.

**Ajuste:** Una sola vez a la puesta en marcha.

**1.d.- Registro de los gases de humo:** Un interruptor final junto al registro de gases de humo en el conducto de gases permite la operación de la caldera solamente cuando el registro esta lo suficientemente abierto. Cuando se cierra la cadena de seguridad se acciona inmediatamente.

**Indicación:** Mediante aviso luminoso Interruptor final registro del gas de humo.

**Desbloqueo:** Pulsar el interruptor de desbloqueo.

- 2.- Conectar el interruptor maestro.
- 3.- Girar hacia adentro y conectar todos los quemadores.
- 4.- Encender los calentadores eléctricos del tanque de combustible correspondiente.
- 5.- Cada quemador produce un 33% de la capacidad de la caldera, de modo que en el caso de servicio común de los 3 quemadores se produce la capacidad máxima. Para evitar daños y que se ensucie las cabezas de combustión es necesario que los quemadores se giren adentro y se conecten en el orden siguiente:
  - 1ro. Quemador principal junto a la cámara de combustión posterior.
  - 2do. Quemador principal encima del emparrillado inclinado.
  - 3ro. Quemador de encendido junto al emparrillado. La puesta fuera de marcha y/o el giro hacia fuera de los quemadores se realiza en forma inversa.

De la misma manera debe alcanzarse, mediante el ajuste correspondiente de los reguladores de presión (flauta, cuadro 2.1) que están conectados en cada lugar de combustión, la conexión automática de los quemadores de acuerdo con el orden de arriba mencionado.

<b>REGULADOR DE PRESION</b>	<b>REGULADOR DE CALDERA</b>	
	<b>CONECTADO</b>	<b>DESCONECTADO</b>
Quemador de encendido	10.4 bar	10.9 bar
Quemador principal sobre quemador de encendido	10.8 bar	11.3 bar
Quemador principal en la cámara de combustión posterior.	11.2 bar	11.7 bar

**Cuadro 2.1** Parámetro de trabajo de los quemadores.

- 6.- Conectar la bomba de alimentación de agua. Esto se realiza mediante el interruptor “Bombas de alimentación” escogiendo la que va a trabajar (sea la # 1 o la # 2). Su funcionamiento después es automático por medio de la cadena de seguridad y los interruptores electromagnéticos en las diferentes zonas.
- 7.- Elegir el tipo de combustible a quemar. Al iniciarse la operación se tiene que utilizar el diesel como llama de encendido piloto, después se puede cambiar a bunker C.
- 8.- Conectar las bombas de transporte de combustible. Hay que tener cuidado al conectar las bombas de bunker ya que este necesita una temperatura de 90 grados centígrados para poder ser bombeada debido a la alta viscosidad de este.
- 9.- Encender los ventiladores el inducido y el forzado, observe el medidor que se encuentra en el tablero de distribución aquí se tiene que leer 10 mbar que es la depresión necesaria para que trabajen los quemadores.
- 10.- Preseleccionar los quemadores en el orden de encendido mencionado anteriormente.
- 11.- Conecte el interruptor de servicio.
- 12.- Seleccione el grado adecuado de carga de acuerdo con las necesidades de calor correspondientes en el proceso, esto lo efectúa en el armario de distribución.

## **2.8 PRUEBA HIDROSTATICA (PROCEDIMIENTO):**

1. La prueba hidrostática se ejecuta cada vez que la caldera ha sido puesta fuera de funcionamiento por un periodo largo de tiempo. Otra de las operaciones es cuando el generador ha sido sometido a un mantenimiento integral. Para efectuar esta prueba se tienen que seguir los pasos enunciados en los siguientes párrafos.
2. Sacar las válvulas de seguridad, los controles de alta y baja electromagnéticos, la flauta de los presostatos de control eléctrico y colocar flanges ciegos o tapones según sea el caso, dejar sin tapar el punto más alto de la caldera, para realizar la purga de aire.
3. Instalar en la purga alta una bomba manual con su manómetro calibrado.
4. Proceder a llenar la caldera con agua a la temperatura ambiente, con el orificio que quedo abierto (del párrafo 2). Esto es para permitir la evacuación del aire.
5. Una vez llena la caldera, que esta haya rebalsado en su totalidad, proceder a cerrar el orificio mencionado en el párrafo 2, con un flange ciego.

6. La caldera se llevara hasta 1.5 veces mas que su presión de trabajo, en este caso, hasta 225 psig.
7. Se le ira incrementando la presión en 3.75 bares cada medio hora. En cada caso se harán las supervisiones pertinentes y se ira anotando.
8. Controlar la presión interna de la caldera para que no exceda el 6% de la presión considerada en la prueba, esto es 0.9 bares por encima y por debajo de los 15 bares. Esto se puede dar debido a las condiciones atmosféricas existentes en la zona. En cada incremento de presión que se le haga al generador, anotar la temperatura ambiente. Luego ir anotando las variaciones de presión que ocurren durante la prueba.
9. Efectuar la inspección interna de la caldera para detectar cualquier fuga que se pueda dar.
10. En caso de detectar una o mas fugas se procederá a marcarlas con tiza blanca en toda la zona, sobre todo en el lado no húmedo para así evitar que se borre la marca.
11. Hay que poner especial interés en las zonas donde tenemos soldadura y empaques.
12. En el refractario la fuga se nota por el humedecimiento de las paredes.
13. Fijarse en los manjoles, que estos no goteen. En caso de que goteen contar las gotas; estas no tienen que exceder las 3 gotas por minuto, en caso contrario marcar.
14. La bajada de presión tiene el mismo procedimiento que la levantada, esto es para evitar esfuerzos tensionales bruscos que puedan dañar la estructura interna de la caldera.
15. En caso de haber detectado fugas, proceda a vaciar la caldera hasta los puntos indicados por las fugas, unos 50 centímetros debajo de estas últimas. Proceder a efectuar las reparaciones pertinentes y efectuar nuevamente la prueba

## **CAPITULO III**

### **ANALISIS DE FALLOS EN LOS GENERADORES DE VAPOR EMPRESA ENABAS**

### **3.- PROCESO DE DESTRUCCIÓN Y DAÑOS: CORROSION, DESGASTE, AGOTAMIENTO, ENVEJECIMIENTO, RUPTURA, FISURA.**

#### **3. 1 Introducción:**

Los procesos de destrucción y daños son aquellos, debido a los cuales se producen fallas. Estos pueden tener lugar de muchas maneras y en la mayoría de los casos se deben a descuidos y la aplicación de mano de obra no especializada. Aunque también tenemos procesos de destrucción y daños debidos al régimen de trabajo al cual esta sometido el equipo.

Para observar estos procesos, estructuraremos a nuestro generador de vapor en cuatro partes: tubería del lado acuotubular, tubería pirotubular, refractario y accesorios.

#### **3-1.- ESFUERZO TERMICO EN CALDERAS:**

La reacción de un miembro a un tipo de carga, depende de su temperatura y del intervalo de tiempo que actué la carga. Por ejemplo: A temperaturas que se llaman elevadas, los metales pueden continuar deformándose en servicio bajo una carga constante (lo que se llama arrastre o escurrimiento plástico), durante un periodo largo de tiempo (años), y por ultimo fracturarse en alguna sección cuyas dimensiones se hayan reducido por la deformación.

Estos esfuerzos térmicos se presentan, en nuestro caso, como cargas cíclicas, ya que el material va a estar sometido a elevadas temperaturas un tiempo determinado de 8 a 12 horas, y posteriormente se dejara enfriando de 12 a 16 horas.

Los esfuerzos térmicos resultan de restringir la expansión o contracción natural de un cuerpo el cual esta sometido a un cambio de temperatura  $\delta t$ . Si el cuerpo es restringido a una sola dirección, el esfuerzo desarrollado será:

$$\sigma = \pm E \alpha \delta T$$

E = Modulo de elasticidad.

$\alpha$  = Coeficiente de expansión o dilatación térmica.



$\delta t$  = Diferencia de temperatura.

Si el cuerpo es restringido a expandirse o contraerse en dos direcciones, como el caso cuando los ductos están sometidos a presión, el esfuerzo resultante será:

$$\sigma = \pm \frac{E \alpha \delta t}{1 - \mu}$$

$\mu$  : Relación de Poisson.

Este valor de esfuerzo térmico se utiliza para todas las restricciones, y por lo tanto aquí es donde se crea el valor mayor. Cuando la temperatura varía dentro de un cuerpo, el crecimiento natural de una fibra es influenciado por el crecimiento diferencial de las fibras adyacentes. El resultado es que las fibras con altas temperaturas son comprimidas, y aquellas con menor temperatura son dilatadas.

Para facilitar el estudio de los esfuerzos térmicos en tubos, se deducen las expresiones:

$$\sigma_{ta} = - \frac{\alpha E \delta t}{2(1 - \mu)} \qquad \sigma_{tb} = \frac{\alpha E \delta t}{2(1 - \mu)}$$

a: Radio Interno

b: Radio Externo

Cuando un cuerpo esta sometido a temperaturas elevadas, estos sufren una dilatación térmica, la cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$\delta = L \times \alpha \times \theta t$$

L = longitud de la pieza.

Para el acero

$$\alpha \approx 0.06 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{F}$$

$$\alpha \approx 0.108 \times 10^{-6} \text{ (m/m) } (1/^{\circ}\text{C})$$

### 3.3 PROBLEMAS QUE OCASIONA EL AGUA EN LAS CALDERAS

#### 3.3.1 Incrustaciones y Depósitos de Lodos.

El agua que se utiliza para la generación del vapor procede de un pozo. Esta fuente está contaminada debido a que las sales minerales disueltas y los sólidos en suspensión no son volátiles. Al evaporarse el agua, quedan atrapados en el interior de la caldera, formando depósitos de dureza variable en las tuberías, válvulas, accesorios, etc. Estos depósitos conocidos como incrustaciones, se deben, primordialmente, a las sales duras que contiene el agua. En muchas ocasiones se confunden los depósitos de lodo en las incrustaciones verdaderas, y por lo tanto hay que distinguir entre ellas.

En primer lugar, las incrustaciones son depósitos adherentes, mientras que los lodos no se adhieren y pueden removerse con agua a presión moderada (20 – 60 psi). Por ello los lodos son menos molestos que las incrustaciones.

Hemos dicho que las incrustaciones pueden ser de dureza variable, y esta depende de la composición química de la misma. En orden ascendente, las incrustaciones serán cada vez más duras si están formadas por (ver fig 3.1):

- a.- Carbonatos.
- b.- Sulfatos
- c.- Sílice



Fig. 3.1 Tubería de calderas incrustadas

El tubo de la derecha está incrustado con carbonato de calcio casi puro. El tubo del centro contiene silicatos, fosfatos y otros compuestos; la incrustación ocurrió encontrándose en servicio de reserva. La sección de la izquierda está enrojecida por casi 20% de cobre elemental. Una formación tan intensa de depósitos como ésta sólo puede ocurrir cuando las presiones internas son bajas.

granular

porosa y pueden reconocerse por que al sumergirlas en ácido, se producen burbujas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Son fácilmente pulverizables y rayan en la pizarra (como la tiza).

Las incrustaciones producidas por sulfatos de Calcio, Magnesio, etc., son solubles en ácidos, pero no producen burbujas de  $\text{CO}_2$ . Son mas duras y no se pulverizan fácilmente.

Las incrustaciones formadas por sílice son mas duras que las demás. Presentan una apariencia vítrea y muy poco porosa, algunas veces, similares a la porcelana. Son muy difíciles de pulverizar.



**Fig. 3.2 Depósito rico en hidróxido de sodio sobre el lado del hogar de un tubo de pared de una caldera. Obsérvese la comba debida al Sobrecalentamiento de larga duración.**

La formación de incrustaciones en las calderas ocasiona graves problemas (fig. 3.2), por su característica aislante y por localizarse precisamente en las superficies de transferencia de calor, donde primero se depositan. Estas causan un grave daño económico ya que se aumenta el consumo de combustible.



**Fig. 3.3 Depósito formado por carbonatos de calcio**

Otro problema que produce el efecto aislante de las incrustaciones, es la expansión de los tubos por sobrecalentamiento que se presentó en la figura anterior (fig. 3.3 y 3.4). Estos ocasionan grandes gastos de mantenimiento al tener que estar soldando o expandiendo las uniones con los distintos colectores. En los casos mas graves, los tubos se funden, causando explosiones, con pérdidas de vidas humanas.

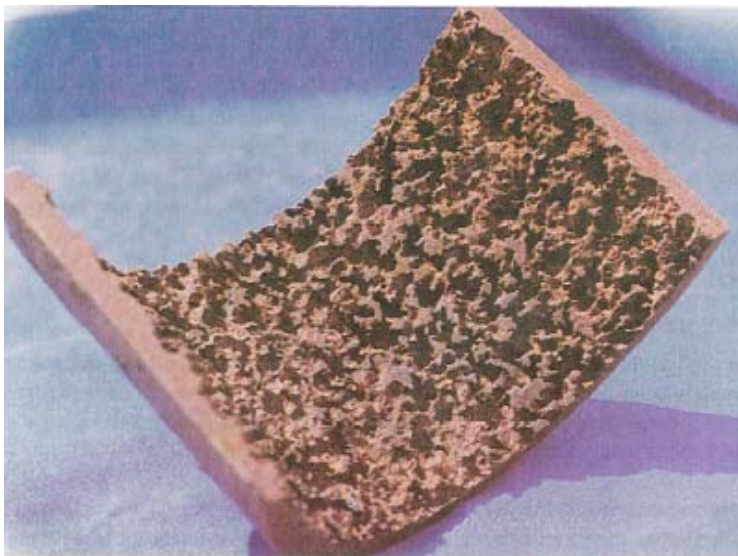
El problema del exceso de purgas se debe a que se requiere regular la concentración de los sólidos en la caldera solo a base de purgas exageradamente continuas. Sin embargo esto conlleva al incremento del consumo de combustible, debido a que en la purga se pierde vapor y agua caliente, que significa pérdida de energía.



**Fig. 3.4** Analcita formada por el arrastre de alumbre desde los clarificadores. Obsérvese cómo se han desprendido costras del depósito de la comba.

### **3.3.2 Corrosión**

La corrosión en las calderas puede suceder por condiciones ácidas del agua o por el contenido de gases disueltos como el Oxígeno ( $O_2$ ) o Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) (fig. 3.5).

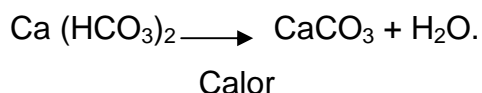


**Fig. 3.5** Aspecto mellado asociado con la corrosión severa por ácido.

El  $\text{CO}_2$  se combina con el agua para formar el ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que ataca al Hierro formando carbonatos de Hierro. El Oxígeno a su vez, reacciona con los carbonatos de Hierro para formar óxido de Hierro, liberando ácido de nuevo en la primera reacción.

En el mejor de los casos, el contenido de  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua de alimentación, es muy bajo, o es removido del agua mecánicamente, por un desaireador.

Sin embargo, el agua de alimentación siempre tendrá Bicarbonato de Calcio o Magnesio (aunque sea pasada por un suavizador de agua, previamente). Este Bicarbonato se descompone por efecto de la temperatura, según la siguiente reacción.



El oxígeno disuelto puede removerse mecánicamente, pero siempre quedará una parte, que al calentarse, por ser un gas, será menos soluble en el agua y atacará al Hierro.

La corrosión por Oxígeno, se distingue por la formación de "PITTING" o pequeños agujeros rodeados (fig 3.6) o cubiertos por un abultado depósito de óxido rojizo.

La corrosión por acidez, se distingue por que es generalizada y no deja depósitos de óxido, pues consiste más bien, en una disolución del metal.

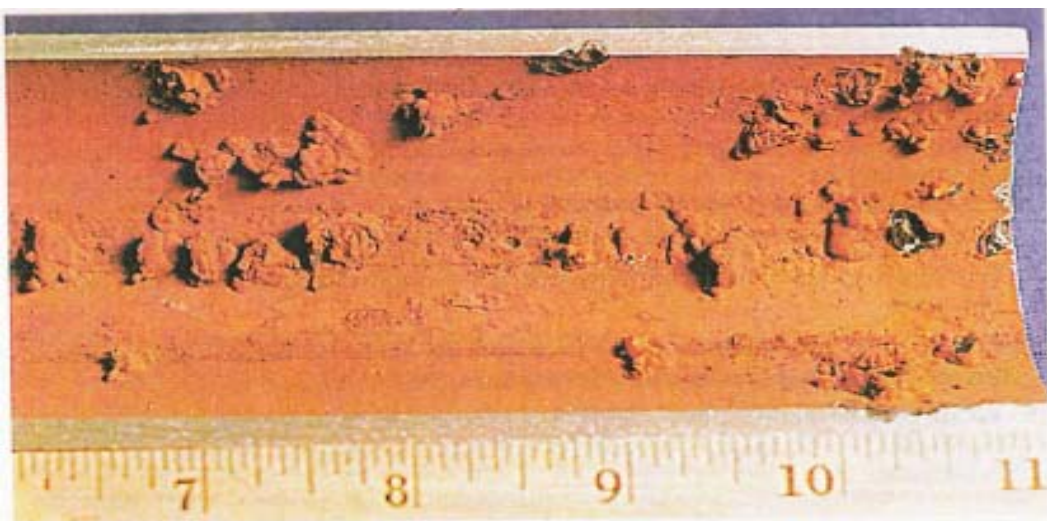


Fig. 3.6 Tapas de óxido de hierro cubriendo los sitios de picaduras.



### 3.4 CORROSION EN LAS TUBERÍAS DE CONDENSADO Y VAPOR.

Tanto el bióxido de carbono como el oxígeno, son gases que al calentarse el agua en la caldera, pueden pasar al sistema de vapor.

El Oxígeno puede ser removido dentro de la caldera. Sin embargo el  $\text{CO}_2$  no es removido por ningún tratamiento interno de la caldera. Todo lo contrario, el  $\text{CO}_2$  que ingresa en el agua de alimentación, se ve aumentado por la producción de grandes cantidades del mismo en el interior de la caldera, al descomponerse los Bicarbonatos. Este  $\text{CO}_2$  sale de la caldera en forma gaseosa, junto con el vapor. Al enfriarse y condensarse el vapor, el  $\text{CO}_2$  se disuelve en el agua formando ácido carbónico, el cual es altamente corrosivo, causando daños en todo el sistema (fig. 3.8).

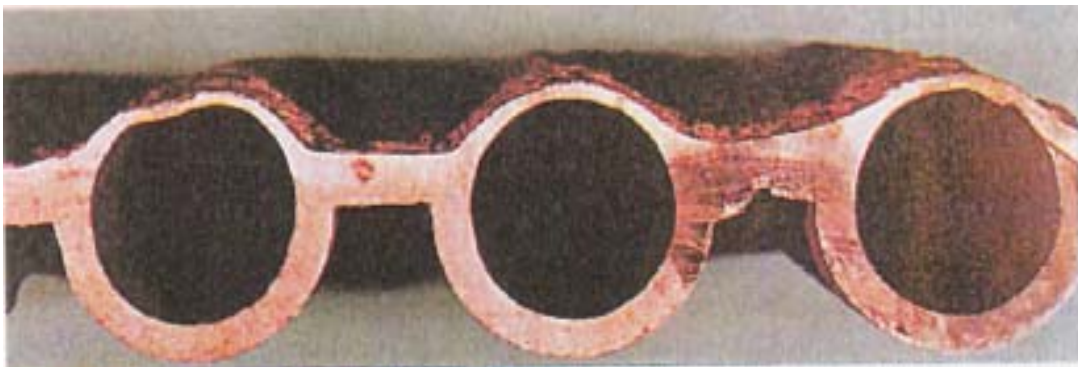


Fig. 3.7 Pérdida severa de metal del lado del hogar en tubos de la pantalla de agua.

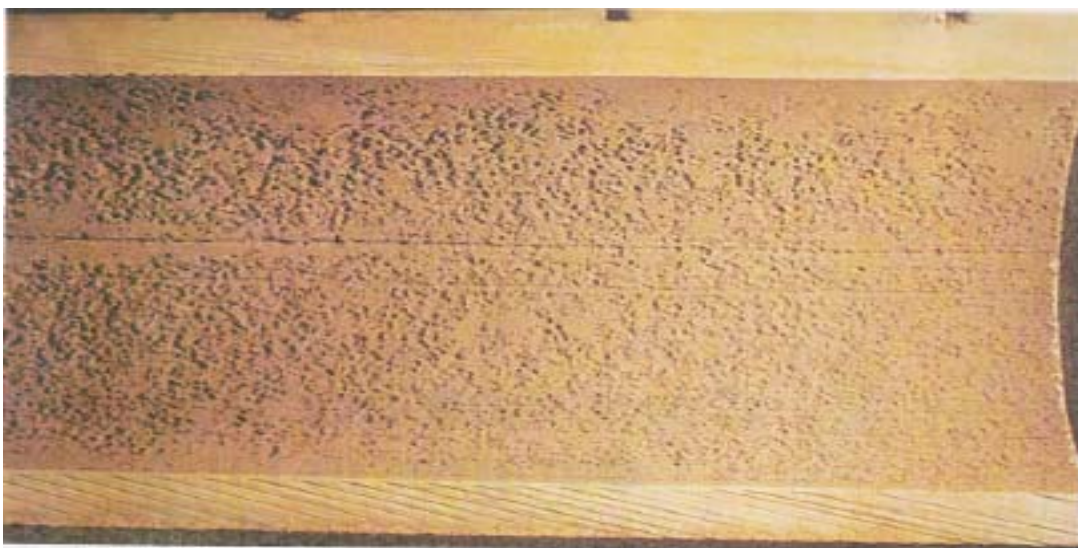


Fig. 3.8 Corrosión ácida sobre la superficie interna de un tubo de pared.

### **3.5 Fragilización Cáustica del Acero.**

Se conoce con el nombre de fragilización del acero, al daño del metal en las calderas, que siempre ocurre bajo el nivel del agua. Estos daños se presentan con las siguientes características:

- a.- Fracturas por debajo del nivel del agua. Generalmente se inicia en las uniones de laminas.
- b.- Fracturas irregulares con marcados cambios de dirección, sin unirse unas con otras.
- c.- Las fracturas no ocurren en áreas donde se supone que existen mas esfuerzos mecánicos que la presión.
- d.- Las fracturas siempre ocurren en uniones traslapadas, afectando ambas planchas.
- e.- Siempre se encuentra presente en las áreas de fragilización óxido de Hierro negro.

Se ha demostrado que la causa primordial para la Fragilización del acero es la soda cáustica, la cual se utiliza para mantener los niveles de alcalinidad hidróxido en la caldera.

### **3.6 CONTAMINACIÓN DEL VAPOR:**

Toda la caldera debe producir vapor esencialmente puro. Todo sólido, gas o líquido que se encuentre en el vapor se considera un contaminante.

**La contaminación por gases ocurre de las siguientes maneras:**

- a.- Por alimentarse agua conteniendo gases disueltos, como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , etc. Al aumentar la temperatura, estos gases pierden solubilidad y se volatizan, saliendo en vapor.
- b.- Por reacciones químicas ocurridas dentro de la caldera, tales como la descomposición de los bicarbonatos del agua.
- c.- Por la adición, a propósito, de productos químicos volátiles.

La contaminación por sólidos ocurre siempre en forma simultánea en la contaminación con agua en estado líquido. Este tipo de contaminación se llama "Vomito", y se produce cuando el contenido de sólidos en la caldera, o la alcalinidad, son muy elevados. Se puede dar el caso que el vapor se contamine con combustible líquido. En la mayoría de los casos, estos contaminantes producen espuma, pasando por arrastre a contaminar el vapor junto con agua líquida.



### 3.7 PROBLEMAS QUE OCASIONA LA SOLDADURA

Al momento de efectuarse una soldadura en la caldera, se conlleva a varios problemas que nos afectan la unión soldada y que han de corregirse.

**ABSORCIÓN DE GASES:** La zona fundida se encuentra rodeada de gases atmosféricos perjudiciales para la obtención de una unión soldada de calidad. Estos agentes son:

#### **OXIGENO:**

La absorción de Oxígeno ocasiona que las propiedades mecánicas disminuyan notablemente, exceptuando el alargamiento. Para evitar esto, el metal de aporte debe tener una cantidad suficiente de Manganeso y Silicio para favorecer el proceso de desoxidación.

#### **NITRÓGENO:**

Debido al aumento de temperatura en la zona soldada se forman Nitruros ( $\text{Fe}_2\text{N}$ ,  $\text{Fe}_4\text{N}$ ) que aumentan la resistencia y la dureza pero disminuyen el alargamiento y las otras propiedades. El metal de aporte debe tener cualquiera de estos materiales (Carbono, Manganeso, Silicio o Titanio). Estos disminuyen la absorción de Nitrógeno.

#### **HIDRÓGENO:**

La absorción del Hidrógeno disminuye las propiedades mecánicas. Cuando este no puede salir de la soldadura ocasiona la aparición de poros con grandes tensiones, que en muchas ocasiones originan grietas en el metal. Para evitar en lo posible la aparición de esto, hay que utilizar los electrodos y fundentes secos o presecarlos antes de su utilización, con bujías de alta potencia, o un pequeño horno de radiación. Tratar de garantizar el mínimo de humedad existente en la atmósfera que rodea la zona a soldar. Utilizar electrodos y varillas exentas de herrumbre.

La presencia de Oxígeno y Nitrógeno producen lo que se conoce como Envejecimiento del metal.

**3.7.1 GRIETAS:** Son roturas en las uniones soldadas. Se dan debido a las tensiones residuales producidas por un calentamiento no uniforme y por cambios estructurales en la zona de influencia térmica.

**3.7.2 FALTA DE PENETRACIÓN:** El metal de aporte no funde las esquinas de la raíz, las causas principales son:

- Velocidad de soldadura grande
- Empleo de baja intensidad de corriente con respecto al diámetro de electrodo utilizado.
- Angulo de bisel pequeño
- Selección de un diámetro excesivo de electrodo en comparación al espesor de la chapa.



Fig. 3.9 Fractura masiva a lo largo del cordón de soldadura resultante de la grafitación relacionada con el proceso de soldadura

**3.7.3 FALTA DE METAL:** Escaso aporte de metal a la unión soldada en determinada zonas o en su longitud total (fig. 3.9); Básicamente se produce por una velocidad excesiva de soldadura.

**POROS:** Son cavidades en la costura, las cuales pueden presentarse a nivel externo e interno. Las causas fundamentales son:

- La humedad en los electrodos.
- Revestimiento agrietado en el electrodo.
- Selección de intensidad de corriente inadecuada
- Mala limpieza de la superficie a soldar
- Selección incorrecta del metal de aporte.

**3.7.4 SOCAVADURAS:** Llamadas también mordeduras o acanalados. Consisten en una falta de metal en la zona entre el metal de la costura y el metal base. Es un defecto externo, la causa fundamental es:

- Empleo de una intensidad de corriente alta.

**3.7.5 JUNTA FRIA. PEGADURA:** Consiste en una unión insuficiente entre el metal base y el de aporte. Este defecto es interno y las causas fundamentales son:

- Bordes con óxidos, grasas, etc.
- Velocidad de soldadura alta.
- Intensidad de corriente baja.

**3.7.6 INCLUSIONES DE ESCORIA:** Esto se da cuando la escoria de la primera capa de soldadura no se elimina en su totalidad y queda atrapada en la siguiente capa. Esto constituye un defecto interno.

**3.7.7 EXCESO DE PENETRACIÓN:** Es el exceso de metal de aporte que sobresale por la cara inferior de la costura. Este exceso disminuye la resistencia a la fatiga de las uniones soldadas. Es un defecto externo, las causas son:

- Intensidad de corriente alta.
- Angulo incorrecto del electrodo respecto a la pieza.

**3.7.8 SOBRECALENTAMIENTO:** Esto produce fragilidad en la costura, producto de un crecimiento de los en el metal ocasionado por la acción prolongada de calor. Esta fragilidad disminuye la resistencia al impacto de la unión soldada.

Todos estos defectos que se enumeraron anteriormente, nos conduce a una de las fallas mas grandes que se pueden producir en el generador de vapor, ya que en su mayoría los tubos son soldados en sus distintas uniones, teniendo casos en los que se utiliza el expandir pero se refuerza con soldadura. Una selección inadecuada del electrodo, el cual esta en dependencia de las características propias de la zona que se va a soldar, nos puede

conducir a serios problemas, los cuales nos pueden conllevar a daños serios a la hora que el equipo este en funcionamiento.

### **3.8 GASES PRESENTES EN EL ACERO:**

No solo en los procesos de soldadura se encuentran presentes estos gases, sino que también un acero cualquiera que sea, contiene, en ciertas cantidades, elementos que en condiciones corrientes son gases (Oxígeno, Hidrógeno, Nitrógeno). Los gases se hallan en los metales en forma de burbujas, Compuestos (óxidos, Hidruros, Nitruros) y soluciones liquidas o sólidas, o sea en forma de átomos o iones distribuidos entre los iones y átomos del metal. Los gases, incluso si están contenidos en porcentajes de centésimas o milésimas, ejercen influencia esencial en las propiedades del metal.

- a.- **PRESENCIA DEL NITRÓGENO:** En el proceso de explotación del acero se desprenden en la superficie de los granos los Nitruros, que aumentan la dureza y la fragilidad, y disminuyen la plasticidad (Envejecimiento del metal). Con esto el acero se desgasta su límite y se produce la falla.
- b.- **PRESENCIA DEL OXIGENO:** La presencia del Oxígeno queda en inclusiones en la red cristalina y este a su vez reacciona con otros metales que se le añaden al acero para mejorar sus propiedades mecánicas. Debido a esto se produce la oxidación del metal, lo que conlleva a una corrosión, la cual desgasta al metal.
- c.- **PRESENCIA DEL HIDRÓGENO:** El Hidrógeno contenido en la solución sólida, deforma la red cristalina del metal. Por eso crece su fragilidad mientras que su plasticidad disminuye y se empeora la calidad del metal.

### **3.9 TIPOS DE AVERIAS EN TUBOS DE UNA SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO.**

Los tubos de las calderas se deterioran debido a : incumplimiento tecnológico durante la fabricación y montaje de los elementos en las superficies de calentamiento; desarrollo acelerado del CREEP; corrosión interior y exterior; desgaste por ceniza o polvo.

Debido al incumplimiento de las normas tecnológicas, al insuficiente control durante la producción de tubos, y al tiempo de trabajo a que esta sometido el material, aparecen grietas, trazos y separaciones del metal, y a veces se presentan rebabas en la superficie

interior de los tubos: el desarrollo de estos defectos durante el proceso de explotación conduce a la formación de roturas longitudinales o fisuras.

Las averías en las zonas de flexión de los tubos de las superficies de calentamiento se subdividen en tres grupos principales: roturas longitudinales en la parte estirada; grietas transversales en la parte comprimida de los tubos; y grietas longitudinales en la zona de la capa neutra.



Fig. 3.10 Combas múltiples y bruscas sobre la cara caliente de un tubo de la pantalla de agua de una caldera de recuperación.

El diámetro de los tubos evaporadores y de la pantalla aumenta debido a su sobrecalentamiento, el cual se produce al alterarse la circulación del agua en la caldera o debido a la deposición sobre su superficie interior de costra o fango. La circulación del agua se altera al obstruirse los tubos. Al retardarse la circulación del agua en los tubos, se forma una bolsa de vapor. El vapor libera calor del tubo, en menor cantidad que el agua; producto de esto, la pared se sobrecalienta al límite del CREEP del metal y del tubo se infla por efecto de la presión. Al cerrarse completamente la circulación de agua, el tubo se rompe.

Otro caso que se nos presenta es el de la corrosión externa de los tubos; esta aparece por varios motivos:

- a.- Utilización de combustible con alto contenido de Azufre.
- b.- Al reventarse un tubo, este daña externamente a los que están a su alrededor.
- c.- Por el tipo de ceniza; el combustible sólido contiene un elevado porcentaje de acidez.

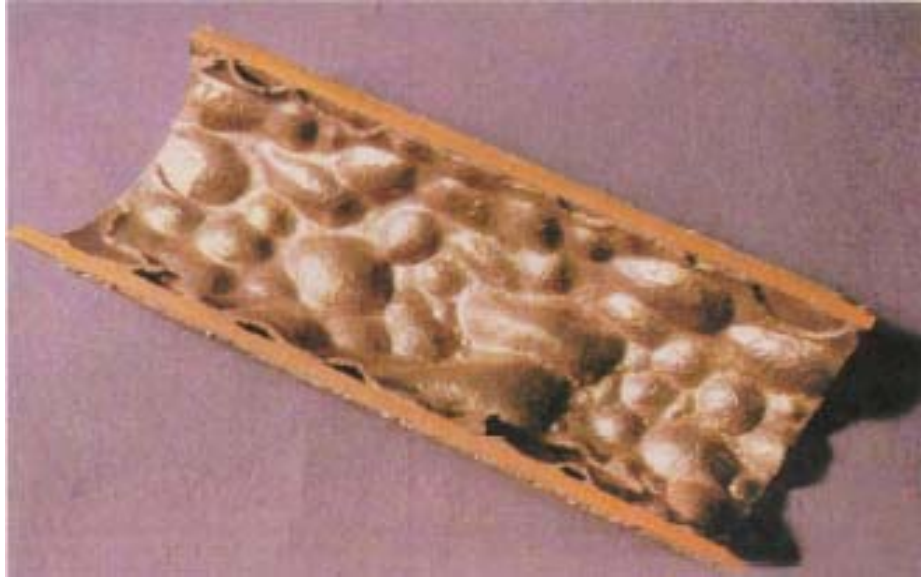


Fig. 3.11 Capa gruesa y ampollada de magnetita sobre la superficie interna de un tubo sujeto a El óxido se formó durante el encendido en seco de la caldera. Las temperaturas del metal se aproximaron a 2000°F (1100°C), causando un flujo lento, "viscoso", de la magnetita.

Muchas veces los tubos sufren un recalentamiento tan grande que los anillos de fijación suelen salir perjudicados, y estos se deforman produciendo problemas en los cuales no se nos pueden reventar los tubos por el CREEP, pero si se pueden deformar ocasionando perdidas energéticas.

En el caso del Petróleo, que generalmente contiene Vanadio, durante la combustión se oxida dando lugar al pentóxido de Vanadio, que posee una temperatura de fusión muy baja ( $t_f \approx 690^\circ \text{C}$ ). En el caso de que el Petróleo contenga además de Vanadio, Sodio en cantidades relativamente altas, ocurre la formación de un Compuesto, el  $\text{Na}_4\text{V}_2\text{O}_7$ , cuyo punto de fusión es aun mas bajo ( $t_f \approx 650^\circ \text{C}$ ). Cuando la llama no llena en forma regular la cámara del horno, cerca de algunas superficies los gases de la combustión pueden poseer tan alta temperatura que las partículas de ceniza que ellos contienen en suspensión pueden encontrarse en estado semisólido y aun en estado liquido. Si entonces la llama toca los tubos, sobre ellos aparece una capa liquida (pastosa), compuesta de sulfatos y silicatos de metales alcalinos, que al enfriarse dan lugar a una capa compacta de escoria. Debido a su alta resistencia térmica la superficie exterior de la capa posee una temperatura elevada, lo cual contribuye al crecimiento ulterior de su espesor.

Cuando el combustible que se utiliza en el generador de vapor es sólido, las superficie de transferencia convectivas se encuentran sometidas a la erosión, causadas por los choques de partículas sólidas que arrastra la corriente de gases. Como consecuencia, las paredes de los tubos se adelgazan, disminuyendo su resistencia, lo que puede conducir a su rotura. La magnitud del desgaste depende de la concentración de las partículas sólidas en la corriente de gases, de las propiedades abrasivas de las partículas (ceniza, hollín), y del régimen de explotación. Al aumentar el exceso de aire, aumenta la velocidad de los gases, y por lo tanto el efecto erosivo.

Para el caso en que la corriente gaseosa circule por dentro de los tubos (en nuestro caso en la zona pirotubular), la sección sometida a mayor erosión es la de entrada (30 a 40 cm). En este caso, al hacer su entrada los gases en los tubos, el flujo es muy desordenado, y las probabilidades de que las partículas sólidas choquen con la pared de los tubos es alta.

El desgaste es proporcional al cubo de la velocidad de la corriente gaseosa, o sea:

$$S = K_w^3 T$$

S = Disminución del espesor de pared de la zona de máximo desgaste.

W = Velocidad de la corriente gaseosa.

T = Tiempo.

K = Coeficiente que depende de la abrasividad de las partículas, de la probabilidad de los choques, de la concentración de las partículas en el conducto, y de la resistencia al desgaste del acero de los tubos. Se calcula en base a la ecuación de Arrhenius.

En el proceso de fabricación y trabajo prolongado de los elementos de la caldera, puede variarse la estructura y propiedades de los aceros. Estas variaciones provocan la disminución de la resistencia de los aceros en general.

**3.9.1 RECRISTALIZACION:** Ocurre cuando aparece un aumento de los granos del metal, debido a un calentamiento hasta una temperatura muy cerca de 0.4 veces la temperatura de fusión; ha esta temperatura se le llama de recristalización.

La recristalización puede ocurrir cuando se le da tratamiento térmico al metal. En las operaciones tecnológicas, durante la fabricación y montaje de las calderas, se producen en el metal deformaciones plásticas que empeoran sus propiedades mecánicas y crean tensiones internas. Esta deformación plástica provoca endurecimiento en la superficie del metal y se denomina **ACRITUD**. Este endurecimiento ocurre en los elementos, generalmente durante su elaboración en frío (doblado en tubos, mandrilado, estampado, laminado, etc.). El metal en estas condiciones, posee gran dureza pero baja plasticidad y poca resistencia al choque (gran fragilidad).

Si sometemos al metal con ACRITUD a un calentamiento, se produce en los cristales un regreso a su estado inicial, restableciéndose las propiedades mecánicas; pero si se continua el calentamiento hasta la temperatura de recristalización, aumenta los granos del metal. La dimensión de los granos tiene gran influencia sobre sus propiedades de resistencia, disminuyendo cuando aparece la recristalización. Para evitar esto se añade al metal Wolframio y Molibdeno.

**3.9.2 ESFERIODIZACION:** Consiste en la formación de uniones de Cementita libremente estructuradas, que empeoran las propiedades mecánicas del acero. Esta particularidad se puede disminuir añadiendo Cromo y Molibdeno.

**3.9.3 GRAFITIZACION:** Es la laceración del Carbono en forma de grafito en los aceros Perliticos a altas temperaturas. El grafito no posee fuerza de cohesión grande (es muy débil), y en las zonas donde este se forma, el acero se torna muy frágil. Para prevenir este fenómeno, se limita la temperatura de trabajo de los aceros al Carbono. Esta grafitizacion se puede disminuir añadiendo Cromo al acero en una cantidad de 0.4 – 0.6 %.

Otros fenómenos que se dan los daremos como definiciones para su debido conocimiento:

**3.9.4 ESCURRIMIENTO (CREEP):** Se define como el crecimiento lento y continuo de las deformaciones del material, sometido a la acción de una carga constante a alta temperatura; esto puede ocurrir para tensiones inferiores al límite de fluencia del metal, a una temperatura dada. Este fenómeno puede considerarse como una fluencia lenta del metal.



El escurrimiento plástico conduce a un aumento del diámetro del tubo (sometido internamente a una presión), con la consiguiente disminución del espesor de la pared. Con el transcurso del tiempo, el espesor de la pared puede alcanzar una magnitud tal, que la tensión supera el límite de resistencia, lo que provoca la rotura del tubo.

El escurrimiento depende básicamente de tres factores, los cuales solo nombraremos: La tensión, La temperatura y la duración del trabajo en esas condiciones.

**3.9.4.1 VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO:** Se caracteriza por la relación entre la variación de la formación relativa (elongación) y el tiempo que dure la carga sobre el cuerpo. En un grafico elongación Vs. tiempo. La velocidad esta representada por la tangente del ángulo de la curva.

$$V = \frac{D\varepsilon}{dt} = \tan \theta \quad \text{Se tiene que la velocidad de escurrimiento es constante.}$$

Esta condición es la que se debe mantener en la explotación de la caldera. En la actualidad el tiempo de trabajo del metal, para caldera, se toma aproximadamente 100,000 horas de explotación adecuada. Bajo estas condiciones la velocidad de escurrimiento se puede determinar estableciendo el porcentaje de escurrimiento deseado para ese periodo de tiempo.

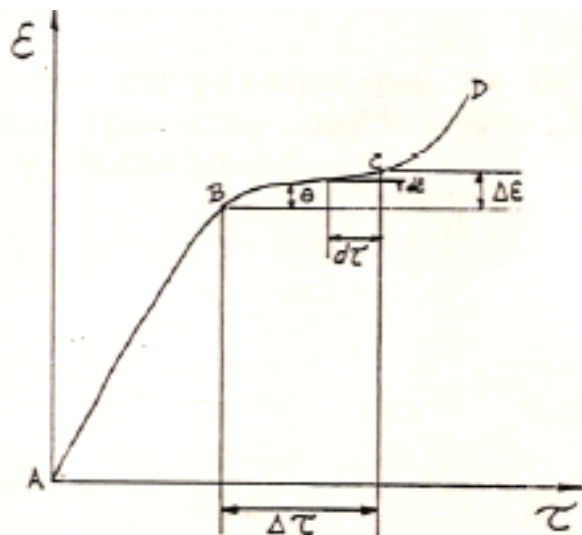


Fig. 3.12

**3.10 ENVEJECIMIENTO:** Es el aumento de la fragilidad, después de haber sido sometido el metal durante largo tiempo a temperatura ambiente, o después de calentado un corto tiempo hasta  $373 - 573^{\circ} \text{ K}$  ( $100 - 300^{\circ} \text{ C}$ ). Esta se evita aumentando el contenido del Carbono y añadiendo Níquel y Aluminio, así como extrayendo gases durante la fabricación del acero, fundamentalmente Nitrógeno.

**3.11 FRAGILIDAD EN CALIENTE:** Es el aumento considerable de la fragilidad del acero después de un prolongado trabajo, desde  $673 - 873^{\circ} \text{ K}$  ( $400 - 600^{\circ} \text{ C}$ ). Se evita limitando la temperatura de trabajo.

**3.12 FRAGILIDAD EN FRIO:** Ocurre cuando el metal se enfría después de ser sometido a un tratamiento térmico de  $773 - 923^{\circ} \text{ K}$  ( $500 - 650^{\circ} \text{ C}$ ). Este fenómeno no sucede si la pieza se enfría bruscamente en agua o aceite, o añadiendo pequeñas cantidades de Molibdeno.

**3.13 CORROSION GASEOSA:** (Formación de costra de oxido). Esta corrosión es peculiar a altas temperaturas, producto del Oxígeno que pudiera estar presente en los gases; se combina con el metal  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Oxido Ferroso). La velocidad de oxidación se incrementa con el aumento de la temperatura, teniendo cada acero su temperatura crítica. Para prevenir la oxidación. Se añaden al acero metales que se oxidan con mayor facilidad que el Hierro, para que esta forma se cree una capa protectora. Estos metales pueden ser Cromo, Silicio, Aluminio.

**3.14 FATIGA TERMICA:** Es el surgimiento de grietas cuando existen oscilaciones de temperatura o de tensión en el metal. Para evitar la fatiga térmica no pueden permitirse tensiones que sobrepasen el límite de resistencia a la fatiga, no tampoco variaciones de temperatura con alta frecuencia.

**RELAJAMIENTO:** Ocurre en piezas que anteriormente recibieron gran presión de apriete (pernos, espárragos, etc.); se disminuye con adición de Cromo y Vanadio.

### 3.15 PROBLEMAS DEL REFRACTARIO Y EL AISLAMIENTO

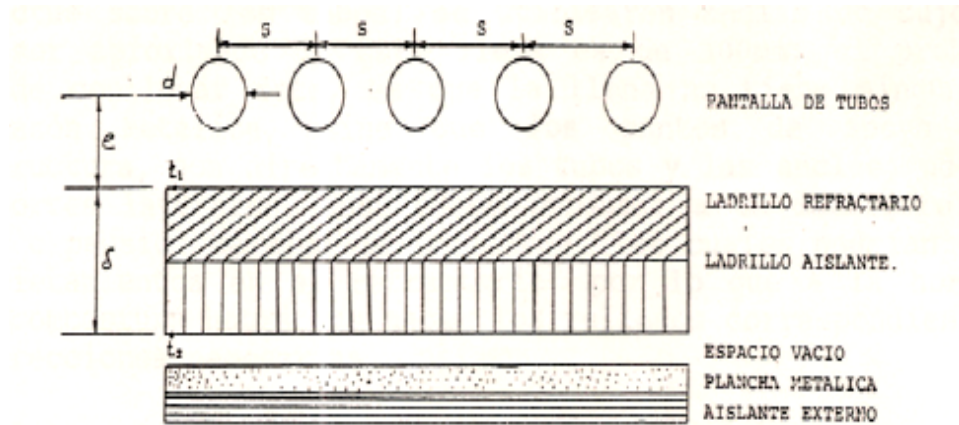


Fig. 3.13 Esquema típico de distribución de los refractarios en una caldera pirotubular

El revestimiento hay que protegerlo por medio de la pantalla de tubos (fig. 3.13 y 3.14). En cuanto a esto, existen problemas de orden técnico y económico que se plantean a la hora del diseño, y dichas medidas se deben mantener a la hora de las reparaciones.

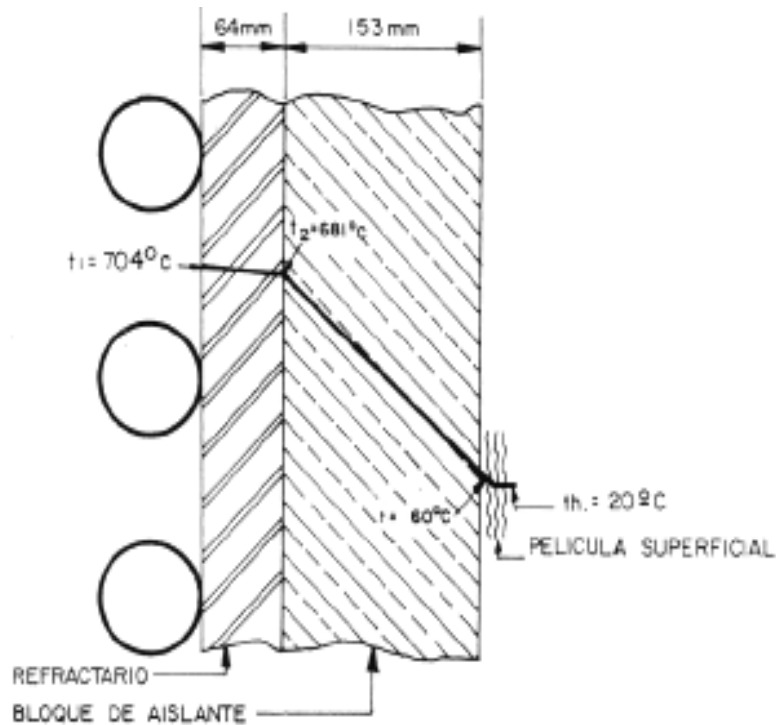


Fig. 3.14 Distribución de temperatura de una pared enfriada por agua

**Ejemplo:**

Desde el punto de vista de la protección de los materiales refractarios, es lógico disponer los tubos de las pantallas con pasos pequeños  $S$  (fig. 3.13 y 3.15). De esta forma se logra que la temperatura interior del revestimiento sea pequeña, pero el costo del metal es grande. Si aumentamos el paso ( $S$ ), aumenta la temperatura en el revestimiento ( $t_1$ ), y disminuye a su vez el gasto del metal (tubos), pero aumenta el del revestimiento, ya que ( $t_1$ ) determina su espesor ( $\delta$ ). En esto también influye la distancia ( $e$ ) entre la pantalla y el revestimiento. La temperatura exterior del revestimiento ( $t_2$ ), se toma en función de la seguridad de explotación de la caldera:  $323 - 328^\circ \text{K}$  ( $50 - 55^\circ \text{C}$ ). Si la temperatura ( $t_2$ ) aumenta mucho, perjudica el trabajo y la seguridad del personal de operación. Tampoco ( $t_2$ ) puede disminuir mucho, pues se aumenta el costo del revestimiento. Entonces en este punto nos encontramos con que no se puede variar las estructuras internas de la caldera ya que esto nos conllevaría a pérdidas grandes.

Los refractarios utilizados en el generador de vapor que nos ocupa son los siguientes:

- Ladrillo refractario de chamota.
- Ladrillo refractario aislante.
- Mortero plástico ESTÁNDAR AB (zona de quemadores)
- Mortero de fraguado refractario MIDROMIX WG (llenar)
- Mortero para ligazón de ladrillos.
- Revestimiento externo: Calorisol + Asbesto en polvo + Cal +  $\text{H}_2\text{O}$

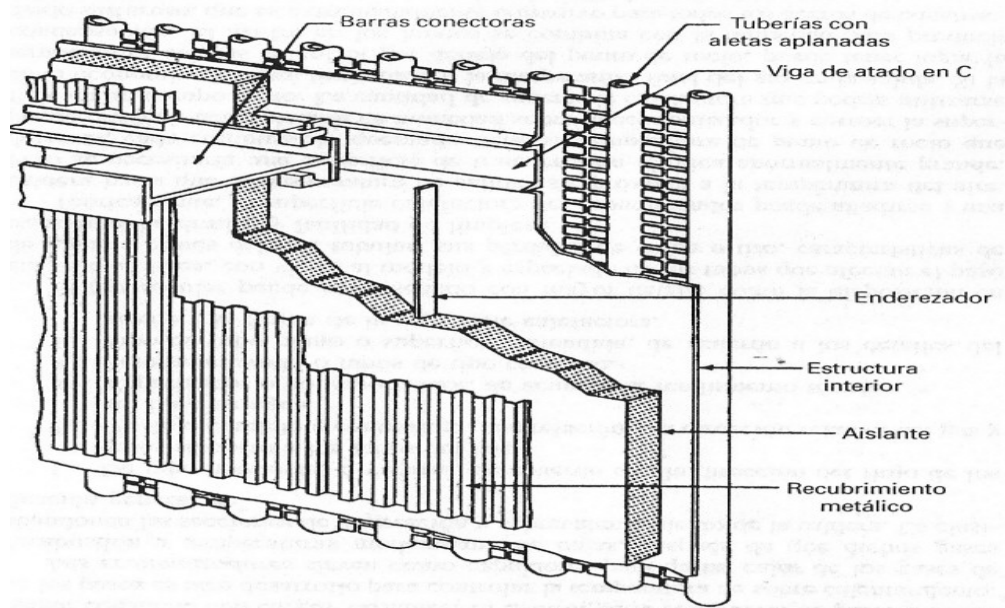


Fig. 3.15 Los paneles de agua se refuerzan con soportes de acero estructural para soportar subidas anormales de presión.

En el caso que nos ocupa, de las llenas que se hicieron en ciertas zonas, por ejemplo el techo del hogar, la llena se efectuó sobre los tubos; se utilizaron anclas de sujeción. El grosor aproximado de esta llena es de 300mm; el problema que puede conllevar esto, es que la llena no tiene ningún tipo de armazón metálica, sino que los puntos de apoyo de esta estructura, con directamente los tubos y las anclas, no teniendo soportes laterales. Esto puede conducir a un deterioro temprano por expansión térmica de los tubos, los cuales podrían ocasionar agrietamientos en el refractario, por lo que a la hora de una descompostura habrá que hacer los rellenos correspondientes y las correcciones necesarias. Los regímenes variables en la cámara del horno con sobrecarga de presión, son la causa principal que acelera la destrucción del revestimiento. Sobre todo se desgastan las superficies de la parte estrecha de la cámara del horno y del conducto de gases, y más intensamente en la zona de los quemadores.

El revestimiento está sometido a los aumentos de temperatura en el techo del horno, y al principio del paso de gas en la zona convectiva, donde no hay tubos de pantalla. El tipo de revestimiento utilizado en esta caldera es el revestimiento aligerado. Este se compone, de ordinario, de una capa refractaria, unas capas de materiales de aislamiento térmico, y recubriendo compacto. Este tipo de revestimiento se apoya sobre las construcciones metálicas de la armazón, o está suspendida en los tubos de la pantalla. Esto plantea las exigencias siguientes:

- a.- Debe dejar pasar la cantidad mínima del calor al ambiente; al mismo tiempo, la superficie exterior no debe superar los 55 a 60 °C, si la temperatura ambiente oscila entre 28 a 32 °C.
- b.- Debe oponerse con seguridad, y durante mucho tiempo, a la influencia química de la escoria y la ceniza del combustible.
- c.- Debe tener resistencia mecánica y al mismo tiempo ser ligero, barato y simple, para la mampostería y la reparación posterior.
- d.- La construcción del revestimiento debe admitir montaje en bloques.

En las zonas en que la mampostería y el revestimiento interno de la caldera se formen en la armazón, se debe tener en cuenta en dejar las correspondientes juntas de expansión térmica (fig. 3.16), para así evitar el agrietamiento de las paredes. Existen varios métodos de construir las juntas de expansión, pero en todas deben cumplirse las siguientes exigencias:

- 1.- No deben haber más de 4 metros entre una junta y otra.
- 2.- Deben construirse en las esquinas de los hornos, y si es necesario, distribuirse uniformemente en la pared.
- 3.- Deben ser herméticas y lo suficientemente libres, para permitir el desplazamiento de la obra cuando alcance la temperatura de trabajo.
- 4.- Debe emplearse materiales como el cordón de Asbesto o en polvo, para sellar las partes frías de la junta.

El dimensionamiento de las juntas de expansión, va a estar de acuerdo con las características de expansión del ladrillo a utilizar, y de las condiciones de trabajo (temperatura).

El aislante externo, – como son la fibra de vidrio, el asbesto, fibra de vidrio comprimido, compuestos térmicos aislantes, etc. – se deterioran la mayoría de las veces, debido a la mala manipulación de ellos durante su desmontaje, por la caída de líquidos sobre ellos, por golpes recibidos y por los agentes atmosféricos presentes en la zona de trabajo.

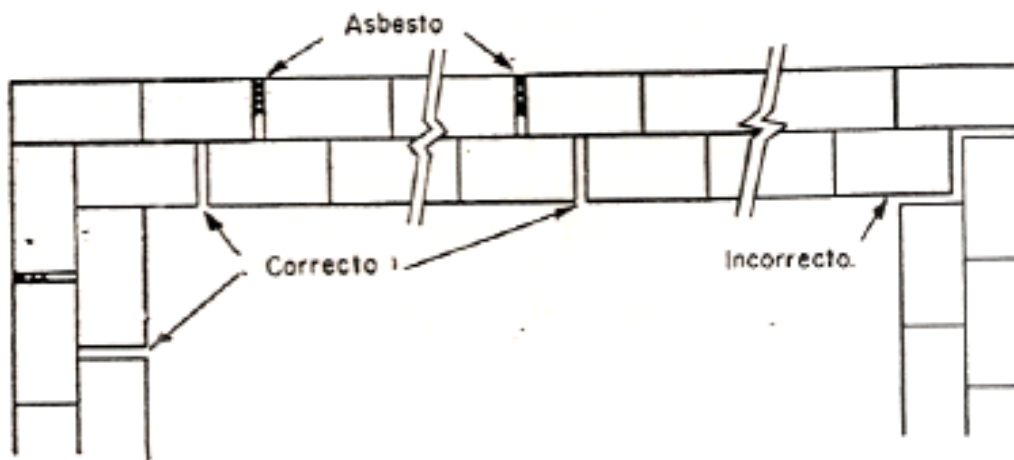


Fig. 3.16 Colocación del refractario en calderas, juntas de expansión.

### 3.16 DEFECTOS Y TIPOS DE DETERIOROS DE LOS ACCESORIOS

Durante la confección y explotación de los accesorios, se pueden observar los siguientes defectos:

- 1.- Las características del material y las piezas no concuerdan con las condiciones de trabajo.
- 2.- Falta de ajuste en las piezas y accesorios. Esto se refiere a los órganos de cierre de pestillo, donde el cambio del cierre defectuoso por uno nuevo exige un ajuste prolongado y minucioso en el lugar. Esto sucede también con las uniones embridadas.
- 3.- Una parte considerable de los accesorios no tienen en su instalación espacio suficiente, lo que dificulta la reparación en el lugar sin desmontarlos de la tubería.
- 4.- Instalación incorrecta de los accesorios según los parámetros del fluido y su movimiento.
- 5.- Dificultad de abrir el cierre sin usar depósito especial debido a los atascamientos en la rosca del husillo (vástago) y el casquillo.
- 6.- Formación de grietas en el metal deposito, a causa, en primer lugar de la no utilización del régimen adecuado de soldadura.
- 7.- Ajuste insuficiente de las superficies de unión, es decir, el contacto insuficiente de las superficies de unión del asiento y el plato. Existen casos en que el pestillo no puede

cortar completamente el fluido, debido al deterioro del asiento (producido por la experiencia de una grieta en el cierre) a causa de la selección incorrecta del metal para el asiento y el plato, y de la diferencia de los coeficientes de dilatación térmica. Por esta razón pueden producirse espacios a través de los cuales penetre el fluido de trabajo, disminuyendo las superficies de trabajo; por eso, el control definitivo que garantiza la hermeticidad del cierre, es el ensayo hidráulico en las condiciones de trabajo.

- 8.- La existencia en los cuerpos y en las tapas fundidas de grietas y sopladuras.
- 9.- La fuga del fluido a través de la unión a rosca del asiento al cuerpo
- 10.- La ruptura del vástago en lugares de unión con el collar de cierre, a causa del debilitamiento del cuerpo del vástago (debido al orificio para el pasador).
- 11.- Aspereza en las superficies de unión de los pestillos.
- 12.- Fugas a través de uniones embridadas del accesorio, provocado en la mayoría de los casos por la baja calidad de las juntas.
- 13.- La ruptura de los espárragos de acero durante el montaje y la explotación de los accesorios.



## **CAPITULO IV**

### **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL GENERADOR DE VAPOR DE LA EMPRESA WALTER FERRETI ENABAS**

## **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO:**

### **4-1. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO.**

Ante todo definiremos lo que se entiende por Mantenimiento Preventivo Planificado (M.P.P): es la inspección sistemática y periódica realizada mediante un plan previo, que requiere todo equipo para mantenerse en condiciones apropiadas de funcionamiento.

Este sistema comprende el conjunto de diferentes tipos de trabajos en el mantenimiento técnico y reparación de los equipos con el objetivo de asegurar su explotación más efectiva.

Una vez el equipo ha trabajado determinado número de horas, el sistema M.P.P establece la realización de las inspecciones profilácticas y reparaciones planificadas conforme un plan pre-establecido.

La alternación y periodicidad de las revisiones y reparaciones planificadas de los equipos se determinan sobre la base de sus particularidades, designación y condiciones de explotación.

En la planificación de la economía de una empresa se exige el mayor grado de confiabilidad en los medios de producción que se poseen, a fin de que los mismos sean capaces de brindar el servicio productivo previamente establecido.

Con el mantenimiento programado lo que se logra es:

- a.- Abaratar los costos de producción.
- b.- Que el equipo alargue al máximo la totalidad de su vida útil.
- c.- Lograr que los costos del servicio técnico y reparación sean reducidos paulatinamente sin que por ello se vea afectada la calidad y la confiabilidad de los equipos.
- d.- La explotación correcta de los equipos, así como un control eficaz.
- e.- Facilidad a la hora de elaborar el plan técnica Económico (PTE) en el cual se tiene que reflejar los costos de mantenimiento del año venidero.
- f.- Que la calidad de los productos a elaborar mantengan sus normas establecidas.

En nuestro caso, será necesario brindar este mantenimiento preventivo a los siguientes equipos, que conforman la Sala de Caldera:

- Bomba de Alimentación de Agua.
- Bomba de Condensado.
- Bomba de Combustible.
- Equipos de bandas: Ventilador inducido
- Bombas de Combustible
- Ventilador incluido y forzado
- Quemadores
- Caldera e instrumentos.

#### **4.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO, DEFINICION:**

Se define como Mantenimiento Correctivo a todas aquellas reparaciones que se realizan a los equipos con el objeto de corregir fallas o descomposturas que se presentan en el funcionamiento de los mismos, a fin de recuperar sus condiciones optimas de operación.

A diferencia del Mantenimiento Preventivo, cuyas actividades son previamente programadas, el Correctivo se realiza con el fin de corregir fallas de funcionamiento en los equipos, las cuales no estaban previstas. Este último está estrechamente ligado al anterior: si se realiza un buen Mantenimiento Preventivo, se reducirán sustancialmente las fallas imprevistas en los equipos.

Sin embargo, siempre ocurrirán algunas fallas imprevistas. Es sumamente importante que estas fallas puedan ser detectadas y corregidas lo más pronto posible efectuando un Mantenimiento Correctivo.

Dentro del mantenimiento correctivo podemos subdividirlo en dos categorías:

a.- Mantenimiento correctivo planificado: Es aquel mantenimiento originado por inspecciones donde se detecta un problema que puede afectar el buen funcionamiento del

equipo. En este caso la inspección origina un trabajo el cual se puede programar en el tiempo y adquirir los materiales necesarios para efectuar el mantenimiento en un paro programado.

b.- Mantenimiento correctivo de colapso: Es aquel mantenimiento que no da tiempo de programar el trabajo y el equipo colapsa. Los paros normalmente son prolongados ya que no se tienen a mano los materiales necesarios para efectuar dicha reparación. En este caso el equipo se para sin programarle los trabajos.

Como guía auxiliar para los paros se puede utilizar lo que se denomina lista de averías posibles (troubleshooting). Con este sistema se puede acortar el tiempo de diagnosticar una falla y encontrar rápidamente las posibles causas que pudieron producir esa avería. Los siguientes cuadros son de gran utilidad para el Mantenimiento Correctivo, pues ayudan a determinar rápidamente la causa del problema y su solución:

#### **4.3 ESTRATEGIA DEL MANTENIMIENTO**

En esta parte abordaremos la estrategia que implementaremos en el generador de vapor. Esta es una estrategia inicial, la cual ira sufriendo ajustes, conforme vaya avanzando el plan y el nivel de experiencia de operadores y técnicos..

##### **Nuestra estrategia es la siguiente:**

Establecer un programa de actividades a realizarse en el generador de vapor. Este programa ira desglosado en actividades diarias, semanales, mensuales, trimestrales y anuales. En esta parte existe una división: una parte, que es un poco explicativa de las tareas de mantenimiento a realizar a los equipos; y otra parte en la cual se desglosan los equipos en las diversas actividades a realizar. Se ha compuesto una tabla (Anexo IV) donde se estructuran los tiempos de mantenimiento y la periodicidad en que se realizan las actividades de mantenimiento en nuestra caldera; esto nos da una idea mas clara de la duración que puede tener cada actividad. Aquí hemos añadido los tiempos de ejecución en un rango de máximo y mínimo, con el objetivo de tener un rango de tiempo que permita hacer una aproximación y poder planificar una actividad.

Para que se pueda llevar bien este plan de mantenimiento, se tiene que contar con la ayuda de la parte técnica y de la parte administrativa. Es decir, que el responsable de mantenimiento tiene que cumplir con el plan de ejecución, y la administración, con la renovación de inventario de materiales y repuestos utilizados. Inicialmente esto trae consigo una buena cantidad de trabajo, ya que hay que montar un sistema computarizado para bodega. La ventaja de esto es que ahorra una buena cantidad de trabajo en el momento de hacer una compra.

Los técnicos encargados de ejecutar los distintos trabajos de mantenimiento, tendrán que estar dotados de sus respectivas cajas de herramientas e instrumentos de medición. Aquellos aparatos de medición que sean muy costosos, se mantendrán en almacén, y solo se usaran con la autorización del responsable de mantenimiento.

Este plan conlleva a una capacitación previa del personal; esta capacitación va destinada, por un lado, a los técnicos del mantenimiento, y por otro lado, a los operadores de la caldera. Esto se hace para que el personal se de cuenta que no es un ser aislado, que se requiere de su concurso para que el plan no falle, y que de su trabajo y de la calidad con que lo ejecute depende que la empresa pueda proyectar sus costos.

#### **4.4 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL GENERADOR DE VAPOR**

Estructuraremos un plan en el cual tengamos actividades planificadas y lo combinaremos con técnicas de localización de fallas y averías (troubleshooting). El objetivo anterior es tener actividades planificadas y en el momento en que se produzca una avería tener una herramienta que nos permita localizar rápidamente la causa de la avería, de esta forma disminuimos los tiempos de diagnóstico por fallas. Las actividades de mantenimiento y su periodicidad se presentan a continuación:

##### **4.4.1 MANTENIMIENTO DIARIO:**

1. Efectuar revisión del nivel de combustible en los tanques.
2. Inspeccionar las uniones flexibles.

3. Inspeccionar según bitácora los niveles del agua.
4. Mantener el cuarto de caldera limpio de basura y cualquier otro material impropio de la sala.
5. Agregar el producto químico para tratamiento interno de la caldera, de acuerdo a la dosificación establecida por el análisis de agua.
6. Efectuar revisión visual de la llama. Notar si es de forma normal.
7. Llenar la bitácora de funcionamiento operacional de la caldera.
8. Purgar la caldera con regularidad. El numero y frecuencia del régimen de purga se determinan en base a los resultados del análisis del agua.
9. Procedimiento de Purga:
  - a. Con la caldera a su operación de trabajo, se espera a que trabaje la bomba de alimentación de agua, y cuando esta se pare se proceda a purgar la caldera.
  - b. Abrir válvula de cierre lento.
  - c. Abrir válvula de cierre rápido.
  - d. Prenda en sentido inverso para el cierre total de las válvulas.
10. La espuma de la superficie debe ser purgada a diario por la purga alta.
11. Purgar la columna de agua dos veces al día o cuando menos una por turno, abriendo la válvula de drenaje de la columna de agua aproximadamente por 4 segundos.
12. Si el trabajo de la caldera es discontinuó, es decir, trabajando de 8 a 12 horas diarias, cerciorarse que el procedimiento de encendido y apagado sea el correcto.
13. Chequear motores eléctricos:
  - a. Contacte los ruidos característicos
  - b. Constate el calentamiento. Coloque la mano sobre el motor, si puede mantener la mano por mas minutos no hay sobrecalentamiento.
14. Inspeccione el Ventilador:
  - a. Observe visualmente.
  - b. Chequee ruidos característicos
15. Revisar prensa estopas y sellos mecánicos de las bombas, el goteo permisible es 1 gota por minuto.
16. Verificar el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua en todas sus operaciones.
17. Purgar tanque de condensado por espacio de 5 segundos.
18. Efectuar análisis de agua.

#### 4.4.2 MANTENIMIENTO SEMANAL:

1. Chequear control de alta y baja:
  - a. Purgue la caldera hasta su punto más bajo.
  - b. El quemador en este punto se tiene que apagar.
  - c. La bomba de alimentación se tiene que medir.
  - d. Una vez recuperado el nivel, la bomba se tiene que apagar.
  - e. El quemador vuelve a funcionar.
2. Efectuar limpieza en la caldera un poco más a fondo que en las diarias.
3. Purgar los tanques de combustible; esto hacerlo con un balde de 5 galones.
4. Accionar manualmente las válvulas de seguridad y verificar su funcionamiento.
5. Limpiar los filtros colocados antes y después de las bombas de combustible.
  - a. Procedimiento:
    - i. Seleccionar herramientas.
    - ii. Abrir interruptor.
    - iii. Sacar válvula de combustible.
    - iv. Sacar tornillos y tapas.
    - v. Colocar un recipiente para recoger el combustible que caiga.
    - vi. Desmontar, limpiar y montar el filtro.
    - vii. Colocar tornillos y tapas.
    - viii. Abrir llave de combustible.
    - ix. Purgar aire del filtro.
6. Lubricar varillas del damper.
7. Lubricar palanca del sector de aire primario.
8. Inspeccionar las bandas de los distintos motores.
9. Limpieza de la foto celda de los quemadores.
10. Evaluar los resultados de la bitácora de registro, comparando los resultados.
11. Chequear los ruidos característicos de todas las bombas, ventiladores y otros motores.
12. Inspeccionar niveles de vidrio de caldera.
13. Inspeccionar válvula termostática diferencial.
14. Inspeccionar válvula presostática diferencial.
15. Accionamiento manual de los niveles electromagnéticos de nivel bajo y nivel alto.

16. Inspeccionar y verificar imantación de las boyas de los niveles de vidrio electromagnéticos del tanque de condensados y del calentador de agua.
17. Inspeccionar en su regulación los presostátos de Mercurio.
18. Inspeccionar el manifold de vapor y de purgas.
19. Inspeccionar el sistema y la red de purgas.
20. Sopletear con aire comprimido los armarios de distribución de mando y fuera de la caldera.

#### **4.4.3 MANTENIMIENTO MENSUAL:**

1. Bomba de alimentación de agua y bomba de condensado.
  - a. Comprobar la temperatura de los cojinetes con la mano. En caso de recalentamiento, engrase. Si persiste el problema investigue la causa.
  - b. Observar el alineamiento de la bomba y socar los anclajes.

#### **CONTROLES DE NIVEL**

1. En los cristales visuales de la caldera, observar si hay fugas; si las hay, repárelas. En caso de cristal defectuoso, cámbielo.
2. Niveles de Operación: Comprobar que los niveles de arranque y paro de la bomba de condensado y alimentación sean los correctos. Revisar y limpiar los contactos.
3. Comprobar la operación de los niveles electromagnéticos.

#### **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

1. Verificar las fugas en las líneas de combustible. Si los hay, repararlos.
2. Filtro de Tubería: Limpiarlo. Verificar accionando el microswitch de cambio de combustible.
3. Verificar limpieza de filtros antes y después de las bombas de combustible.
4. Verificar las bandas de las bombas, su estado y función; de ser necesario cambie el juego.



5. Alineación de la bomba: verificar alineación de las poleas y revisar pernos de anclaje.

## **VENTILADORES**

1. Revisar el estado de las bandas y su función. De ser necesario cambie el juego.
2. Limpiar la pantalla contra polvo de los ventiladores.
3. Verificar la alineación de los rodetes, en caso de desequilibrio apretar.
4. Revisar los anclajes y corregir las vibraciones.
5. Revisar la temperatura de los cojinetes con la mano, en caso de no poder apoyarla por 10 segundos investigar la causa y corregir.

## **CONTROLES ELÉCTRICOS**

1. Conservar los controles eléctricos tanto de bastidor, motores y controles, cerrados herméticamente para evitar en lo posible la entrada de polvo.
2. Limpiar con solvente adecuado todos los contactos de los diversos accesorios y componentes eléctricos.
3. Sopletear con aire comprimido los controles, bastidores, motores y demás aparatos eléctricos.
4. Manómetros y Termómetros: revisar la calibración de los mismos, desmontándolos y colocando en su lugar los patrones de prueba. Si tienen lectura diferente cambiarlos.
5. Revisar los interruptores de mercurio.
6. Revisión de todas las válvulas. En caso de fugas, repararlas o cambiarlas.
7. Inspeccionar válvula principal.
8. Presostatos de mercurio accionarlos manualmente.

## **QUEMADORES**

1. Limpiar las boquillas de los quemadores.
2. Ajustar los electrodos de los quemadores.

3. Ajustar cabeza de combustión y difusor.
4. Ajustar y regular precalentador EV20D
5. Chequear las válvulas solenoides NA y NC de los quemadores.

#### **4.4.4 MANTENIMIENTO TRIMESTRAL:**

1. Revisión de los sellos mecánicos de las bombas; si hay goteo fuerte, cambiarlo.
2. Engrasar chumacera del ventilador inducido y forzado.
3. Revisión del material refractario en toda la caldera. Si se observa grietas, repararlos.
4. Revisión de los registros de inspección (MAN-MOLE).
5. Limpieza y engrase del eje del ventilador inducido.
6. Revisión de la chimenea para ver si hay fugas o corrosión.
7. Revisión de los descenizadores para comprobar su estado interno.
8. Revisión del sistema impulsor de las bombas de combustible, desarmar.
9. Quemadores: Chequear servomotor, transformador de ignición y programador LAL 2.
10. Revisar y alinear coupling del ventilador forzado.
11. Revisión y chequeo de todo el refractario de la caldera.
12. Niveles de vidrio: mantenimiento total.
13. Inspección del aislante de las tuberías
14. Inspección del aislante externo de la caldera.
15. Limpieza de las agujas de regulación de las bombas de combustible.
16. Limpieza y mezclador de diesel y bunker.
17. Limpieza de los restos de combustión en las paredes refractarias y tubos de agua.

#### **4.4.5 MANTENIMIENTO ANUAL:**

1. Bomba de Combustible: desarmarlas en su totalidad para revisar todas sus partes. Se incluye el motor. Reemplazar lo defectuoso.
2. Válvulas en general: Desarmar todas las válvulas de la instalación, limpiarlas, repararlas o cambiarlas por nuevas en caso de no tener reparación.
3. Limpieza interna de la caldera.
4. Limpieza interna del tanque de condensado.
5. Limpieza interna del calentador.

6. Limpieza interna del desaireador.
7. Comprobar el aislamiento externo de la caldera, cambiarlo en caso necesario.
8. Bombas de Alimentación y condensados: desarmarlas en su totalidad para revisar todas sus partes.
9. Abrir las puertas traseras con el fin de:
  - a. Hacer limpieza del hollín de los tubos.
  - b. Efectuar revisión del refractario.
  - c. Efectuar revisión de la tubería
  - d. Es recomendable pintar la parte de fuego con pintura a base de grafito o disulfuro de Molibdeno para impedir la corrosión.
10. Es recomendable cambiar los rodamientos de los ventiladores debido a las severas condiciones de trabajo.
11. Revisión del refractario del lado de agua.
12. Revisión de la tubería del lado de agua.
13. Desarme y limpieza de los ventiladores de tiro inducido y reforzado.
14. Mantenimiento integral del quemador. Esto incluye: bomba integrada, precalentador integrado, blower integrado, boquillas, porta-boquillas, electrodos, difusor, válvulas solenoides integradas, termómetros de carátula integrados, transformador.

## 4.5 MANTENIMIENTO DE BOMBAS

### 4.5.1.-BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA A LA CALDERA

Tipo de bomba	:	Centrífuga vertical multietapas.
Fabricante	:	POMPES GUINARD

#### CUADRO DE MANTENIMIENTO

Engrase y verificación del juego de los rodamientos (cada ocho mil horas). Desmontar y limpiar los rodamientos con petróleo así como su alojamiento, y montarlos de nuevo con una cantidad de grasa equivalente a los 2/3 de volumen de la caja, antes del montaje verificar el

juego de los rodamientos, si es muy grande reemplazarlos. Cuidar el sentido de montaje de los rodamientos, estos son del tipo Z (1 deflector). El deflector que equipa los rodamientos debe ser colocado del lado de la masa rotatoria del motor, con el fin de mantener la grasa en los alojamientos. Utilizar una grasa MOBILPLEX 47 o similar (ALBANIA 3)

Verificación de estanqueidad de salida del árbol de bomba (cada ocho mil horas). Cambio de sello mecánico.

#### **4.5.2 - BOMBA DE CONDENSADOS**

Tipo de bomba : Centrífuga vertical multietapas.

Fabricante : POMPE GUINARD

Especificaciones de mantenimiento.

Sello Mecánico:

Es ajustado en la fábrica y no requiere mantenimiento.

Motor:

El mantenimiento para el motor es prácticamente nulo. Estos motores están provistos de rodamientos engrasados sellados diseñados para 15,000 Horas de operación.

#### **4.5.3 - BOMBA DE COMBUSTIBLE (BUNKER)**

Tipo de bomba : Volumétrica

Para el armado y desarmado de estas bombas se deberá de consultar en todo momento los planos y las instrucciones que se encuentran en el taller de mantenimiento. Aplicar solo condiciones de seguridad, sobre todo al momento de quitar la bomba del sitio para evitar derramens de combustible. El mantenimiento de este equipo requiere la sustitución de los engranajes internos los cuales vienen en el kit, estos se cambian cada dos años.

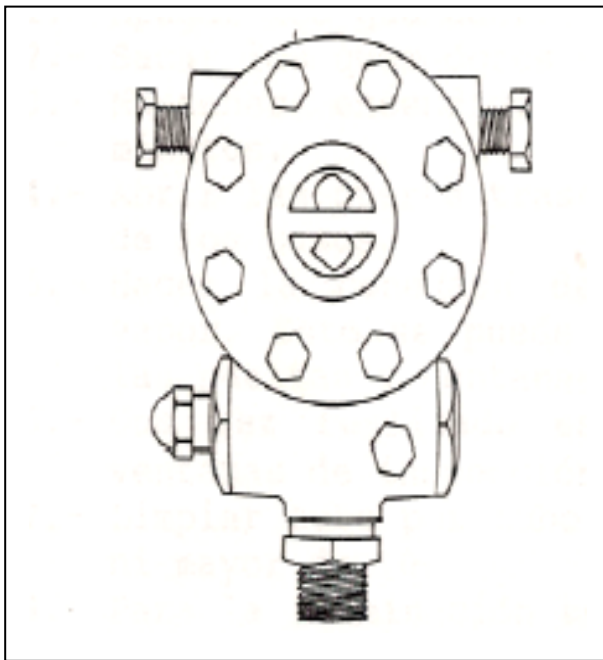
Motor:

El mantenimiento para el motor es prácticamente nulo. Estos motores están provistos de rodamientos engrasados sellados diseñados para 15,000 Horas de operación

#### 4.5.4 BOMBA DE COMBUSTIBLE INCORPORADA EN EL QUEMADOR

##### REGULACION:

Antes de la puesta en marcha debe de llenarse de combustible la tubería de aspiración y purgar la bomba. De no hacerlo existe el peligro de agarrotamiento de la bomba por funcionar en seco.



- 1.- Aspiración
- 2.- Retorno
- 3.- Impulsión
- 4.- Regulación de presión
- 5.- Espera de manómetro
- 6.- Espera de vacuo metro
- 7.- Tornillos de tapa

Fig. 4.1

- Para medir la presión o depresión de llegada montar un manómetro o vacuometro en el orificio 5.
- Para regular la presión de la bomba soltar el tapón 4 y regular la presión

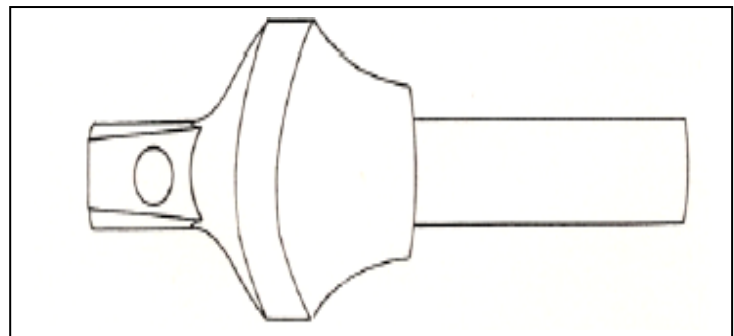
- Giro derecha: Aumenta presión
  - Giro izquierda: Disminuye presión
- 
- La depresión no debe exceder los 0.5 bar.
  - La presión de alimentación máxima 3.5 bar.
  - Temperatura máxima en la entrada de la bomba 90 grados centígrados.
- 
- Estas bombas poseen dos filtros internos, uno en la entrada y otro en la salida, para tener acceso a estos hay que desmontar la tapa delantera aflojando los tornillos 7.
- 
- Acoplamiento de la bomba: entre la tubería y la bomba se monta un acoplamiento elástico de cruceta. Una vez montado y regulado el acoplamiento hay que evitar esfuerzos sobre el eje de la bomba. El acoplamiento de la bomba debe estar regulado manteniendo una separación con respecto al acoplamiento de 1.5 milímetro. La regulación se afecta después de soldar el prisionero (10). El tornillo esta provisto como punto de ruptura en caso de agarrotamiento de la bomba. Este tornillo se suelta por rosca, en caso de ruptura se puede reemplazar el acoplamiento.

8.-Acoplamiento intermedio

9.- Holgura regulada

10.- Tornillo.

11.-Acoplamiento de la bomba



*Fig. 4.2*

#### **4.6 PROCEDIMIENTO DE SOPLETEADO DE LOS TUBOS DE FUEGO**

En la vista de que la caldera no trae sopladores de hollín, se ideó un sistema, el cual reemplaza esta actividad, con los pasos que se dan a continuación, suponiendo que la caldera este en funcionamiento:

- 1.- Apagar los quemadores en el orden descrito.
- 2.- Sacar los quemadores en el orden descrito.
- 3.- Mantener encendido los dos ventiladores y esperar diez minutos.
- 4.- Abrir las puertas traseras y las ventanas de inspección de los pasos.
- 5.- Hacer la conexión del brazo extensor a la línea viva de vapor. Esto se puede ir haciendo paralelo a la apertura de las puertas y ventanas de inspección.
- 6.- Una vez realizado esto, se produce a introducir por las ventanas de inspección de los pasos, el brazo extensor.
- 7.- Limpiar tubo por tubo, por un espacio no menor de 5 segundos ni mayor de 10.
- 8.- Para la iluminación se utilizara una lámpara de doce voltios de corriente directa.
- 9.- Se comenzara por el paso 3; luego por el paso 2 y por ultimo por el paso uno.
- 10.- A medida que se van limpiando los pasos, se van cerrando las ventanas de inspección y las puertas traseras respectivas.
- 11.- Una vez concluida la operación, se procederá a introducir los quemadores nuevamente, y se encenderán en el orden descrito anteriormente.

En la limpieza anual, se procederá con la caldera fría. Una vez que todas las puertas estén abiertas, limpiar los tubos con los escobillones metálicos; luego, la limpieza se hará con el compresor de aire.

#### **4.7 MANTENIMIENTO DE LOS NIVELES VISUALES DE CRISTAL**

El mantenimiento de estos equipos se hará de la forma en que se describen los pasos de ejecución. Hay que leer bien el documento en su desarrollo y aclaraciones antes de proceder.

##### **DESARROLLO:**

- 1.- Cerrar las válvulas que comunican el nivel con la caldera.
- 2.- Purgar el nivel.
- 3.- Desmontar el nivel de las válvulas.

- 4.- Aflojar los pernos de lámina de ajuste en forma cruzada e invertida; hacer esto suavemente.
- 5.- Retirar los empaques y el vidrio.
- 6.- Limpiar con cepillo de alambre el cuerpo del indicador, la pieza central, los pernos de la caja, y la cuña de ajuste.
- 7.- Si el vidrio esta roto, cambiarlo; si se vuelve a usar el mismo vidrio, se debe limpiar bien para sacar toda suciedad producto del ataque de agua y el vapor. Esta limpieza se hará con ácido clorhídrico o ácido muriático. Si se procede a efectuar este tipo de limpieza con ácido, se deberá mantener el vidrio inmerso en agua por espacio de cinco minutos y luego enjuagarlo.
- 8.- En caso de que el cristal presente una pequeña ondulación, se puede tratar de emparejarlo con tela de esmeril mediana; esto se hace sobre una superficie plana (mármol o vidrio).
- 9.- Comenzar a armar el nivel colocando el empaque nuevo en el cuerpo indicador, previamente lubricado con grafito
- 10.- Colocar el vidrio.
- 11.- Colocar el otro empaque también lubricado.
- 12.- Colocar la pieza central sobre el vidrio con su empaque.
- 13.- Introducir la cuña en su guía, con los pernos flojos.
- 14.- Ajustar los pernos con la mano hasta que hagan tope.
- 15.- Continuar ajustando parejo en forma cruzada e invertida con una llave, todos los pernos por igual, hasta lograr un buen sellado entre las partes.
- 16.- Una vez armado el nivel, montarlo nuevamente en sus válvulas de comunicación con la caldera.



## **ACLARACIONES:**

- A.- Esta operación se podrá realizar con la caldera en funcionamiento, únicamente si las válvulas que unen el nivel con la caldera, no tienen fuga.
- B.- Los pernos de la cuña de ajuste se tendrán que aflojar en forma de cruceta y no de un solo, para evitar deformaciones.
- C.- En el inciso 15, esta operación se tiene que llevar con mucho cuidado, pues un perno más ajustado que otro, causaría inmediatamente la rotura del cristal.
- D.- Los empaques entre válvulas y el nivel, se tienen que cambiar por nuevos al ejecutar esta operación.

## **4.8 PROCEDIMIENTO DE CONDENAR UN TUBO DE FUEGO EN OPERACIÓN:**

Cuando nuestro generador de vapor esta trabajando, puede darse el caso, de que un tubo del área pirotubular se fisura o se agriete, en este caso tenemos las observaciones siguientes:

### **COMO SE SABE:**

- 1.- Por una disminución brusca de la presión.
- 2.- Disminución de la temperatura del humo.
- 3.- Aparición de humedad en los descenizadores.
- 4.- El humo de la chimenea toma un color blancuzco

### **Cuando se presenta este caso es necesario proceder de forma rápida:**

- 1.- Apagar los quemadores.
- 2.- Sacar los quemadores.
- 3.- Dejar funcionando los ventiladores, hasta enfriar la caldera.
- 4.- Abrir las puertas traseras y localizar el tubo averiado.
- 5.- Abrir la ventana de inspección del paso que corresponda.

6.- Se traen los tapones de acero según sea el diámetro del tubo.

7.- Este tapón de acero es cónico.

8.- Se introduce el tapón en el tubo y se le efectúa un cordón de soldadura sobre el borde ribeteado del tubo a condenar.

9.- Lo mismo se hace en la cara opuesta del espejo donde va el tubo a condenarse.

10.- Una vez concluido el trabajo, se procede a cerrar la caldera. Girar los quemadores hacia adentro; se procede a encenderla nuevamente. El vapor que se escape por ese tubo dañado evitara que el tapón de acero se queme.

Este trabajo es solo provisional y hay que ponerle mucha atención, porque en caso contrario se nos pueden presentar desperfecto mayor.

#### **4.9 DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES ANTE UNA AVERIA.**

Nuestro generador posee varios equipos auxiliares sobre todo bombas a las cuales hay que dictaminarles de forma rápida cualquier falla o avería que presenten. Para lograr esto haremos uso de una guía de fallas comunes y soluciones (Troubleshooting).

##### **4.9.1 MANTENIMIENTO DE BOMBAS, DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS EN BOMBAS:**

Los problemas de operación en las bombas pueden ser de naturaleza hidráulica o mecánica. En la primera categoría, una bomba puede fallar en la entrega del líquido; puede entregar una insuficiente capacidad o desarrollar presión insuficiente, o perder su cebado después del arranque. En la segunda categoría, puede darse el consumo de una potencia excesiva, o pueden desarrollarse síntomas de dificultades mecánicas en los prensaestopas o cojinetes, o vibración, ruidos, o puede ocurrir la rotura de algunas piezas de la bomba.

Existe una interdependencia definida entre algunas dificultades de ambas categorías. Por ejemplo, el incremento de desgaste en las piezas móviles debe clasificarse como un problema mecánico, pero este resultara en una reducción de la capacidad neta de la bomba un síntoma hidráulico – sin causar necesariamente una avería mecánica o una vibración

excesiva. Como resultado, es mas útil clasificar los síntomas y las causas por separado, y elaborar para cada síntoma una lista de posibles causas.

Este tipo de análisis diagnósticos se presenta en la siguiente tabla (tabla 1) para bomba centrífuga:

**TABLA 4.9.1.a**

<b>SÍNTOMAS</b>	<b>POSIBLE CAUSAS DEL PROBLEMA (Cada número se refiere a la lista en la Pág. siguiente)</b>
- La bomba no entrega Líquido.....	1, 2, 3, 4, 6, 11, 14, 16, 17, 22, 23
- Capacidad entregada insuficiente .....	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 17, 20, 22, 23, 29, 30, 31
- Presión desarrollada Insuficiente.....	5, 14, 16, 17, 20, 22, 29, 30, 31
- La bomba pierde el Cebado luego de arrancar .....	2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12,13
- La bomba requiere Potencia excesiva .....	15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 29, 33, 34, 37
- Excesiva fuga en los prensaestopas .....	13, 24, 26, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40
- Los empaques tienen vida corta .....	12, 13, 24, 26, 28, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40
- La bomba vibra o es ruidosa .....	2, 3, 4, 9, 10, 11, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
- Los cojinetes tienen vida corta .....	24, 26, 27, 28, 35, 36, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
- La bomba se sobrecalienta y atasca .....	1, 4, 21, 22, 24, 27, 28, 35, 36, 41

**TABLA 4.9.1.b (DEFINICIÓN DE PROBLEMAS)**

**PROBLEMAS DE SUCCION:**

- 1.- La bomba no esta cebada.
- 2.- La bomba o la tubería de succión no esta completamente llena de liquido.
- 3.- La elevación de la succión tiene demasiada altura.
- 4.- Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor.
- 5.- Cantidad excesiva de aire o gas en el liquido.
- 6.- Bolsa de aire en la línea de succión.
- 7.- Filtración de aire hacia la línea de succión.
- 8.- Filtración de aire a la bomba a través del prensaestopas.
- 9.- Válvula de pie demasiado pequeña.
- 10.- Válvula de pie parcialmente obstruida.
- 11.- Entrada de la tubería de succión insuficientemente sumergida.
- 12.- Sello de agua de la tubería tapado.
- 13.- Jaula del sello liquido mal instalado en el prensaestopas, impidiendo la entrada del líquido sellador para la formación del sello.

**PROBLEMAS EN EL SISTEMA:**

- 14.- Velocidad muy baja.
- 15.- Velocidad muy alta.
- 16.- Dirección de rotación equivocada
- 17.- Cabeza total del sistema mayor que cabeza de diseño de la bomba.
- 18.- Cabeza total del sistema menor que cabeza de diseño de la bomba.
- 19.- Gravedad especifica del liquido diferente de la de diseño.
- 20.- Viscosidad del liquido diferente de la de diseño.
- 21.- Operación a muy baja capacidad.

22.- Funcionamiento paralelo de bombas inapropiado para tal operación.

### **PROBLEMAS MECANICOS:**

23.- Materiales extraños en el impulsor de la bomba.

24.- Desalineación.

25.- Cimientos no rígidos.

26.- Eje doblado.

27.- Rozamiento entre piezas rotatorias y piezas fijas.

28.- Cojinetes desgastados.

29.- Anillo de rozamiento, gastados.

30.- Impulsor dañado.

31.- Empaque de la carcaza defectuoso, permitiendo fugas internas.

32.- Eje o mango del eje desgastado o rayado en la empaquetadura.

33.- Empaque mal instalado.

34.- Tipo de empaque incorrecto para las condiciones de operación.

35.- Funcionamiento del eje fuera de su centro a causa del desgaste de los cojinetes o por desalineación.

36.- Rotor fuera de balance, causando vibración.

37.- Brida muy apretada, interrumpiendo el flujo de líquido para lubricación de la empaquetadura.

38.- Falla en el suministro de líquido refrigerante a los prensaestopas enfriados por agua.

39.- Excesiva tolerancia al en el prensaestopas entre el eje y la carcaza, permitiendo que el empaque sea forzado hacia el interior de la bomba.

40.- Suciedad o arena en el líquido sellador, conduciendo a rayaduras en el eje o el mango del eje.

41.- Empuje excesivo causado por falla mecánica en el interior de la bomba o por la falla del mecanismo de balance hidráulico, si existe.

42.- Excesiva cantidad de grasa o aceite en el cuerpo del cojinete anti-fracción o carencia de enfriamiento, causando una excesiva temperatura en el cojinete.

43.- Falta de Lubricación.

44.- Mala instalación de los cojinetes anti-fricción (daño durante el ensamblaje, ensamble incorrecto de cojinetes en serie, uso de cojinetes que nos calzan con su par, etc.)

45.- Suciedad en los cojinetes.

46.- Excesivo enfriamiento proveniente de humedad en el cuerpo, resultando en la condensación de humedad de la atmósfera contenida en el cuerpo del cojinete.

#### 4.9.2 BANDAS EN V

El siguiente cuadro indica las fallas más comunes que se presentan en las bandas en V, sus posibles causas y soluciones. Los equipos que utilizan estas bandas son: BOMBAS DE COMBUSTIBLE, VENTILADORES.

AREA DE PROBLEMA	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES
<b>BANDAS ESTIRADAS MAS DEL ELCANCE DEL TENSOR</b>  - Las bandas no se estiran igual.  - Todas las bandas se estiran casi en forma igual.	 - Mala alineación de la transmisión, las bandas no trabajan parejas.  - Núcleo tensor roto debido a mala instalación.  - Tolerancia insuficiente para el tensor. - Transmisión sobrecargada o diseño abajo del requerido.	 - Tensiones y vuelva a alinear la transmisión - Reemplace todas las bandas con juegos hermanados; instálelas adecuadamente.  - Examine el tensor y siga las tolerancias dadas por el fabricante.  - Rediseñar la transmisión
<b>CORTA DURACIÓN DE LA BOMBA</b> - Fallas relativamente rápidas, sin razón obvia.  - Lados blandos y pegajosos. Falta de adhesión entre las capas de la cubierta. Sección transversal hinchada.  - Lados endurecidos y secos. Falta de adhesión entre las capas de la cubierta. Cara inferior de la banda agrietada.  - Desgastes excesivo en la cubierta de la banda.  - Banda quemada.  - Agrietamiento del fondo de la banda.	 - Núcleo tensor dañado debido a la mala instalación. - Ranuras de poleas gastadas. - Diseño de transmisión abajo del requerido.  - Presencia de grasa y aceite en las bandas y poleas.  - Altas temperaturas.  - Las bandas rozan con el protector o cualquier otra obstrucción.  - Las bandas resbalan durante el arranque o cargas intermitentes.  - Poleas muy pequeñas.	 - Reemplace todas las bandas con juegos hermanados; instalarlas adecuadamente. - Reemplace las poleas. - Rediseñar la transmisión.  - Elimine el origen del aceite y grasa. Limpie las bandas y poleas con paño húmedo, con solvente de grasas no inflamable o con agua y jabón común.  - Elimine la fuente de calor. - Verifique la transmisión.  - Quitar la obstrucción y alinear la transmisión dando suficiente espacio libre.  - Tensiones la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.  - Rediseñar las poleas con un diámetro mayor.  - Reemplace con un juego hermanado de

- Bandas rotas.	- Objetos cayendo o golpeando la transmisión.	bandas. Provea de protección a la transmisión.
BANDAS QUE HACEN RUIDO	- Las bandas se resbalan	- Retensión la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.
VELOCIDAD IMPULSADA IMPROPIA - Relación de velocidad de polea impulsada a motriz incorrecta. - Bandas quemadas.	- Error en diseño. - Las bandas se resbalan.	- Use los tamaños correctos de poleas. - Retensionar la transmisión hasta eliminar el resbalamiento.
LA BANDA SE VOLTEA	- Excesivo golpeo lateral - Ranuras sucias.  - Poleas mal alineadas. - Ranuras gastadas en la polea - Núcleo tensor roto debido a mala instalación. - Polea intermedia plana en sitio inapropiado.	- Cambiar por otro tipo de banda - Eliminar la causa de la suciedad y proteger la transmisión.  - Realinear la transmisión. - Reemplace las poleas. - Reemplazar las bandas con un juego hermano e instalarlo adecuadamente - Cuidadosamente realinear la polea intermedia plana en el lado flojo de transmisión tan cerca como sea posible de la polea matriz.
LOS RODAMIENTOS SE CALIENTAN  - Demasiada tensión en la transmisión.  - Poleas muy pequeñas.  - Condiciones pésimas de rodamientos  - Poleas muy fuera de eje.  - Bandas flojas.	- Cavidades de polea desgastadas provocando que las bandas se vayan al fondo y no transmitan la potencia hasta que se sobre-tensiones  - Tensión inapropiada.  - No se han seguido las especificaciones sobre diámetro de polea por el fabricante del motor.  - Rodamientos de baja calidad o mantenimiento inadecuado.  - Error o problemas de obstrucción.  - Resbalamiento de bandas producen el calentamiento de la polea.	- Reemplace las poleas. - Tensiones la transmisión adecuadamente  - Vuelva a tensionar la transmisión  - Rediseñar la transmisión  - Observe el diseño y el mantenimiento recomendado de los rodamientos.  - Siempre coloque las poleas lo mas cerca posible a los rodamientos. Elimine los obstáculos.  - Retensar la transmisión nuevamente.

### 4.9.3 QUEMADORES:

Antes de buscar las posibles causas de una avería, se comprobara si están en regla los puntos principales para un funcionamiento seguro, es decir:

- 1.- Si hay corriente eléctrica.
- 2.- Si hay combustible en el depósito.
- 3.- Si se han graduado debidamente todos los reguladores como termostato de caldera y de temperatura ambiente, interruptor de seguridad contra falta de agua, interruptor de final de carrera, etc.

AVERIA	CAUSAS POSIBLES	ELIMINACION
1.- ENCENDIDO No se produce el encendido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Electrodos Cortocircuitados</li> <li>- Electrodos muy separados</li> <li>- Electrodos Sucios y húmedos</li> <li>- Aislamiento roto (porcelana)</li> <li>- Transformador defectuoso</li> <li>- Cable de encendido fundido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustarlos</li> <li>- Ajustarlos</li> <li>- Limpiarlos</li> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Cambiarlo, buscar causa y alinearla</li> </ul>
2.- MOTOR No funciona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensador defectuoso</li> <li>- Motor defectuoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Cambiarlo</li> </ul>
3.- BOMBA No llega combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Engranaje averiado</li> <li>- Válvula de aspiración con fugas</li> <li>- Tubería con fugas</li> <li>- Válvula de paso cerrada</li> <li>- Filtros obturados</li> <li>- Filtros con fugas</li> <li>- Válvula de cierre rápido con fugas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Cambiarla o desmontarla y limpiarla</li> <li>- Apretar tornillos</li> <li>- Abrirla</li> <li>- Limpiarlos</li> <li>- Cambiarlos</li> <li>- Cambiar la bomba</li> <li>- Cambiar la bomba</li> </ul>
Fuerte ruido mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de presión</li> <li>- Bomba aspira aire</li> <li>- Vacío excesivo en la tubería de combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apretar tornillos y racores</li> <li>- Limpiar los filtros y abrir las válvulas</li> </ul>
4.- INYECTORES Pulverización irregular	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El disco estriado esta flojo</li> <li>- Orificio obturado</li> <li>- Filtro muy sucio</li> <li>- Desgastado por el uso</li> <li>- Inyector obturado</li> <li>- Cierre de inyector defectuoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desmontar el inyector y apretarlo</li> <li>- Desmontarlo y limpiarlo</li> <li>- Desmontarlo y limpiarlo</li> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Desmontarlo y limpiarlo</li> <li>- Cambiarlo</li> </ul>
No sale combustible Inyector con fugas		
5.- PROGRAMADOR Y FOTOCÉLULA No reacciona a la luz de llama El motor no arranca No se produce encendido Se ha encendido la lámpara de Perturbación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fococélula sucia</li> <li>- Programador defectuoso</li> <li>- Programador defectuoso</li> <li>- Programador defectuoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiarla</li> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Cambiarlo</li> <li>- Desbloquear</li> </ul>



# **CAPITULO V**

## **CONTROL DEL MANTENIMIENTO**

## **5.1 CONTROL DEL MANTENIMIENTO**

Hasta este punto hemos presentado una descripción de las actividades y rutinas para un correcto funcionamiento del equipo, así como la interrelación entre los mismos.

También hemos analizados sus posibles fallas y/o problemas que puedan presentar durante su funcionamiento, y las soluciones posibles de cada una de ellas.

Asimismo, afirmamos la necesidad de establecer un plan de Mantenimiento preventivo que tenga como fin el mantener a todos los equipos funcionando en condiciones óptimas, y evitar sus fallas, si estas se presentan corregirlas en el menor tiempo posible. Para lograr esto, es necesario crear un sistema adecuado de “Control de Mantenimiento”, que garantizara la aplicación correcta y oportuna del plan de Mantenimiento Preventivo.

Esta información, además de llevar el control administrativo, nos ayuda a ver las fallas mas comunes que se dan en el movimiento de los repuestos y materiales utilizados, y así planificar la compra de estos.

Con este propósito se han creado una serie de formatos de control de Mantenimiento, que no los describiremos todos pero que podrían ayudar a realizar y controlar adecuadamente el Mantenimiento Preventivo y Correctivo.

## **5.2 INSTRUCTIVOS Y FORMATOS**

Para una efectiva Administración del mantenimiento es indispensable la utilización de una serie de instructivos y formatos que ejercen la doble función de Organización y Control.

### **5.2.1 INSTRUCTIVOS**

Los instructivos cumplen con la función de establecer procedimientos rígidos por escrito para la explotación y reparación de los equipos. Es posible que los equipos de una empresa funcionen y sean reparados durante un largo período sin instructivos de explotación y reparación. Sin embargo, nos preguntaríamos: no estará el operario utilizando

inadecuadamente el equipo y provocando descomposturas evitables? cuando el equipo se descompone, no estará el trabajador de mantenimiento utilizando métodos inadecuados de reparación que dilatan la realización del trabajo y disminuye la calidad?

En muchas empresas la respuesta a ambas preguntas será afirmativa, lo que demuestra la validez de los instructivos. Los instructivos de explotación y reparación deben mantenerse en el expediente de cada máquina y de preferencia deben permanecer cerca de la misma para que sean fácilmente consultados siempre que sea necesario.

Los instructivos de explotación normalmente contienen la siguiente información

- ✓ Nombre, código y marca de la máquina
- ✓ Cómo prender y apagar la máquina
- ✓ Cómo usar los dispositivos de seguridad del equipo
- ✓ Velocidades máximas permisibles por tipo de trabajo o material
- ✓ Tiempo máximo de funcionamiento sin interrupción
- ✓ Señales de alarma que indican peligro para el operario y/o a la máquina
- ✓ Medidas máximas permisibles para la pieza
- ✓ Materiales que pueden ser procesados en el equipo
- ✓ Puntos y periodicidad de la lubricación a ser realizada sistemáticamente por el operador
- ✓ Puntos y periodicidad de la limpieza a ser realizada por el operador
- ✓ Si la máquina puede o no trabajar en vacío
- ✓ Si el equipo se para o no automáticamente y en qué condiciones
- ✓ Si el equipo requiere calentamiento o no
- ✓ Características especiales del equipo (temperatura, presión, amperaje, nivel de aceites, etc.)
- ✓ etc.

Los instructivos de reparación deben contener la siguiente información:

- ✓ Requisitos de seguridad para poder intervenir en el equipo
- ✓ Secuencia, método y herramientas para el desmontaje y montaje del elemento a reparar o inspeccionar.
- ✓ Dibujos que indiquen la secuencia de desmontaje y montaje, cuando sea necesario
- ✓ Pruebas necesarias antes de entregar el equipo a Producción
- ✓ etc.

### 5.2.2 FORMATOS

Un sistema integral de Administración del Mantenimiento deberá utilizar los siguientes formatos:

**5.2.2.1 Ficha Técnica del equipo**, la cual será individual para cada equipo y deberá contener la siguiente información:

- ✓ Nombre y código de la máquina
- ✓ País y año de fabricación
- ✓ Marca y modelo
- ✓ Especificaciones técnicas principales, tales como tipo de trabajo y material que puede procesar, capacidad productiva teórica, etc.
- ✓ Marcas, modelos y potencia de motores, bombas y dispositivos
- ✓ Etc.

La Ficha Técnica es el carné de identificación del equipo y se hace una sola vez. Sólo el deterioro y/o alguna modificación del equipo justifican su reemplazo

**5.2.2.2 Hoja de Inspección,** este formato se elabora específicamente para el mantenimiento preventivo, individualmente para cada equipo, y para cada tipo de mantenimiento preventivo, es decir, para la revisión general, y el mantenimiento pequeño, mediano y general. Las hojas de inspección indican en forma precisa y clara todo lo que hay que inspeccionar, desmontar, sustituir, etc. en el equipo para cada tipo de mantenimiento preventivo y garantiza que, cualquiera que sea el inspector, éste hará siempre las mismas inspecciones y trabajos de mantenimiento preventivo.

**5.2.2.3 Solicitud de trabajo,** como lo especifica su nombre, este formato se utiliza para solicitar servicios al Depto. de Mantenimiento y puede tener dos orígenes diferentes puede originarse en el Depto. de producción cuando se descompone una máquina y dicho Depto. solicita la realización de un mantenimiento correctivo, o puede originarse en el propio Depto. de mantenimiento como consecuencia de una inspección o mantenimiento preventivo. En ambos casos se llenará la misma solicitud de trabajo que deberá contener la siguiente información:

- ✓ Departamento que emite la solicitud
- ✓ Nombre y código del equipo que requiere el servicio
- ✓ Departamento productivo y ubicación del equipo
- ✓ Tipo de mantenimiento (correctivo o preventivo)
- ✓ Defecto observado
- ✓ Carácter de la reparación solicitada (urgente o normal)
- ✓ Fecha de la compostura
- ✓ Fecha sugerida para la realización del trabajo
- ✓ Etc.

**5.2.2.4 Orden de Trabajo,** Normalmente la solicitud de trabajo no autoriza la realización del trabajo de mantenimiento, sino la Orden de trabajo. esta, además de contener

la información de la solicitud de Trabajo, debe tener espacio suficiente para que se registre la siguiente información acerca del trabajo realizado:

- ✓ Fecha de iniciación y terminación del trabajo
  - ✓ Nombre de las personas a las que se asignó la realización del trabajo
  - ✓ Horas-hombre estimadas y reales para la realización del trabajo
  - ✓ Materiales y repuestos utilizados en el trabajo (retirados de bodega o comprados afuera de la empresa)
  - ✓ Costo de los trabajos realizados afuera de la empresa
  - ✓ Horas de paro del equipo
- etc.

La orden de trabajo es sin duda el documento más importante de la Administración del Mantenimiento, ya que autoriza la realización de los trabajos y permite el cálculo posterior de los costos de mantenimiento y de las horas de paro por tipo de mantenimiento (correctivo o preventivo)

### **5.3 FLUJO DE INFORMACIÓN:**

Los formatos y la documentación elaborada tienen que seguir un flujo por las distintas dependencias. De esta forma se logra establecer un control mayor del mantenimiento.

Todo trabajo de mantenimiento se origina de la planeación de las diversas actividades a ejecutarse en los equipos.

Paso 1: El primer paso a ejecutar es crear un método para colocar los tiempos de ejecución de los trabajos. Este se puede llevar en las órdenes de trabajo que se asignan a los técnicos y en los controles de ejecución que lleva el Ingeniero de planta.

Paso 2: Para poder ejecutar una planeación optima del mantenimiento se tiene que hacer un levantamiento técnico de los equipos instalados.

Paso 3: Además se tiene que ordenar e inventariar la bodega de materiales y repuestos, de acuerdo a la siguiente clasificación:

- a.- Materiales de uso general y reposición periódica.
- b.- Herramientas especiales.
- c.- Stock de repuestos por equipo (en lo mecánico)
- d.- Repuestos eléctricos y electrónicos.

Este inventario se tiene que estar renovando y enviarle una copia al Ingeniero de planta y administración para que se comparen los repuestos y materiales utilizados, con el fin de restituir estos.

Pasó 4: Las órdenes de trabajo tienen que tener el siguiente número de copias:

Original a la Administración.

Copia al Ingeniero de planta.

Copia al responsable de mantenimiento.

Copia a la zona donde se ejecuto el trabajo.

Pasó 5: En caso de ser un mantenimiento correctivo se dará aviso a través de una solicitud de servicio, la cual llevara las siguientes copias:

-Original al responsable de mantenimiento.

- Copia al Ingeniero de planta.

- Copia a la dependencia solicitante.

Paso 6: Una vez finalizada la semana, se elabora un consolidado de las ordenes de trabajo, el cual tendrá el siguiente flujo:

Original a la administración.

Copia al Ingeniero de planta.

Copia al responsable de mantenimiento.

- Paso 7: La administración, una vez que tenga las ordenes de trabajo y el consolidado de las ordenes de trabajo, procederá a ejecutar los pagos correspondientes a los obreros y técnicos, así como el pago de los incentivos.
- Paso 8: El responsable de mantenimiento tiene que llenar los siguientes formatos:
- a.- Datos básicos del inventario técnico.
  - b.- Hoja de registro y vida.
  - c.- Tarjeta de mantenimiento.
- Paso 9: El responsable de mantenimiento en coordinación con el Ingeniero de planta efectuaran el formato de:
- a.- Planificador del mantenimiento preventivo.
- Pasó 10: Los encargados de sus respectivas áreas llenaran los formatos que le sean asignados, para nuestro caso específico estos son:
- a.- Control generador de vapor. (Operador de caldera)
  - b.- Control de tratamiento de agua. (Analista de LAB.)
- Esta información será distribuida de la siguiente forma:
- a.- Original al responsable de mantenimiento.
  - b.- Copia al Ingeniero de planta.
  - c.- Copia al operador y analista respectivamente.
- Paso 11: Con la información que generan el operador y el analista, semanalmente se revisara para verificar el funcionamiento del equipo, y para localizar pequeñas fallas que se puedan ir dando para su debida corrección.
- Paso 12: Por su parte, el administrador generara un sistema de control de costos, para ir calculando los costos operativos del sistema de mantenimiento preventivo.

En el Anexo II se presentan los formatos propuestos para el control del mantenimiento de la Caldera de la empresa Walter Ferretti de ENABAS.



#### **5.4 Propuesta para desarrollar un sistema de información de Ingeniería y mantenimiento.**

En base a lo anterior y como un desarrollo posterior de las actividades de mantenimiento preventivo, proponemos en forma general para desarrollo futuro la integración del mantenimiento en un Sistema de Información de Ingeniería y mantenimiento en el cual se integraran los siguientes módulos:

- Modulo de Inventario Tecnico de Equipos:
  - Este modulo es exclusivamente para recobrar la información de los equipos que se encuentran instalados en la Empresa
- Modulo de Inventario de repuestos:
  - En el cual se llevara el control de los repuestos utilizados y los niveles de rotación de inventario, para poder servir de materiales y repuestos al modulo de Mantenimiento preventivo.
- Modulo de servicios y Ordenes de trabajo:
  - En este modulo se recibirán las solicitudes de trabajo que originaran Ordenes de trabajo. Este es el punto donde la programación de actividades de mantenimiento se convierten en ordenes de trabajo
- Modulo de Recursos Humanos:
  - Este módulo pretende llevar las habilidades y competencias que debe de tener cada puesto de trabajo en la función de Mantenimiento. Así mismo el desarrollo del recurso humano a través de capacitaciones y tener formas de cómo evaluarlos.
- Modulo de Mantenimiento Preventivo:
  - En este modulo se deben de programar las actividades de mantenimiento que se deben de ejecutar en los distintos equipos que posee la Empresa. Además de crear actividades estas se deben de dotar de tiempo de ejecución, cantidad

de personas que harán la actividad y los repuestos y materiales necesarios para llevar a buen término el mantenimiento.

Cada Modulo a su vez deberá de generar reportes para indicar como se va desarrollando la función mantenimiento dentro de la empresa y de esa manera poder controlar los recursos tanto humanos como materiales.

En el Anexo III presentamos un esquema de un Sistema de Información de Ingeniería y mantenimiento el cual se debe de desarrollar para integrar la función mantenimiento en todos los equipos de esta empresa.

# **CAPITULO VI**

## **RECOMENDACIONES GENERALES Y**

### **CONCLUSIÓN**

## **6 RECOMENDACIONES GENERALES Y CONCLUSIÓN.**

### **6.1 RECOMENDACIONES BASICAS SOBRE LA SEGURIDAD**

- 1.- El trabajador debe estar seguro de la forma mas apropiada para realizar su trabajo. Si no esta convencido de que puede efectuar el trabajo, pida más instrucciones o asesoramiento a su supervisor.
- 2.- Los trabajos se deben efectuar con calma, acorde a la seguridad. Trabajadores apurados son peligrosos.
- 3.- Informar sobre cualquier accidente o lesión para su debido tratamiento. De no hacerse, se corre el riesgo de una infección.
- 4.- No hacer tonterías como saltar de un lugar elevado.
- 5.- Se deben quitar las astillas de los bancos, mesas, estantes o sillas de trabajo para evitar lesiones.
- 6.- Se deben quitar o doblar todos los clavos salientes, grapas o tiras de metal de las cajas o barriles.
- 7.- Nunca se debe trabajar debajo de una carga suspendida.
- 8.- Se deben de obedecer los letreros de prevención. Estos se colocan para indicar puntos peligrosos.
- 9.- Siempre que se transporten piezas largas, tales como tubos o escaleras, cuide las puntas al pasar por puertas u esquinas, si es posible utilice dos hombres, uno en cada extremo.
- 10.- Todas las ideas de seguridad y sus cambios deben ser puestas en tableros de boletines. Siempre este al tanto de estos boletines.
- 11.- Juego de manos y bromas siempre conducen a accidentes.
- 12.- Se debe recomendar a todos los trabajadores que hagan sugerencias de seguridad, que llamen la atención del supervisor sobre cualquier condición insegura que se encuentre en la planta.
- 13.- No fumar dentro del área de caldera.

- 14.- Esta prohibido trabajar en los hornos y conductos de gases con temperatura a mas de 60 grados centígrados. En temperaturas entre 50 y 60 grados centígrados, no se debe trabajar mas de veinte minutos, y descansar a la temperatura ambiente otros 20 minutos.
- 15.- En los lugares donde se puedan producir explosiones y que contengan combustibles, los trabajos se realizaran bajo la supervisión del jefe responsable que instruirá al personal sobre los métodos seguros del trabajo a realizar.

#### **6.1.1 MAQUINAS:**

- 1.- A menos que se sepa perfectamente la forma de operar una maquina, debe mantenerse alejado de ella.
- 2.- Detenga las maquinas antes de engrasarlas o limpiarlas; nunca trate de limpiar o quitar un atascamiento mientras la maquina este funcionando.
- 3.- Después de haber terminado el trabajo de reparación o mantenimiento en una maquina, coloque los resguardos antes de ponerla nuevamente en funcionamiento.
- 4.- Cuando tenga necesidad de alejarse de la maquina en la cual esta trabajando, deténgala.
- 5.- Antes de empezar a trabajar en maquinas peligrosas, tales como prensa mecánicas, sierras circulares, etc., este seguro que las resguardas estén en sus lugares.
- 6.- Antes de empezar a esmerilar, asegúrese que la piedra de esmeril tiene su resguardo y su ventana plástica. De lo contrario utilice anteojos de seguridad.
- 7.- Cuando una piedra de esmeril vibra o se tambalea, deténgala, busque las causas para remediar la situación.
- 8.- Las piedras abrasivas no deberán ser operadas a una velocidad mayor que la especificada por el fabricante.
- 9.- Mantener cerradas y herméticas las tapas de conexiones eléctricas de los motores y demás aparatos que trabajen con electricidad.

#### **6.1.2 HERRAMIENTAS PEQUEÑAS:**

- 1.- Siempre se debe usar solamente las herramientas que estén en buenas condiciones.

- 2.- Los cinceles, brocas, martillos, etc., con cabezas o rebabas o deformadas, deberán ser reparadas antes de usarlas.
- 3.- Se deben reemplazar los mangos de las herramientas que estén quebradas, astilladas, rajadas o flojas, antes de usarlas.
- 4.- Ponerle mangos de madera a las limas antes de usarlas.
- 5.- Asegurarse que las bocas de las llaves estén correctas y sin desgastes antes de usarlas,
- 6.- No se deberá usar un martillo de acero duro para golpear sobre otras piezas de acero duro. Para evitar que pedazos de acero salten, use un martillo de metal suave.
- 7.- Mantenga la punta de los destornilladores afiladas y parejas; no use destornilladores con puntas quebradas o redondeadas.
- 8.- Use siempre herramientas adecuadas para el trabajo.
- 9.- No utilice otras llaves para golpear; para eso está el martillo.

### **6.1.3 ESCALERAS Y ANDAMIOS.**

- 1.- No deben usarse escaleras con los peldaños rotos o faltantes.
- 2.- Este seguro que la escalera esté firmemente apoyada antes de subirse. El pie o base de la escalera deberá estar a una distancia de la pared, sobre la cual se apoya, a un cuarto del largo total de la escalera.
- 3.- El inclinarse sobre los costados o tratar de estirarse mientras se está subiendo, puede causarle la pérdida del equilibrio.
- 4.- Al usar una escalera del tipo A o de tijera, ábrala completamente.
- 5.- Las herramientas nunca se deben colocar sobre la escalera, pueden caerse y herir a alguien. Use una caja sujeta a la escalera o un cinturón especial para la sujeción de estas.
- 6.- Cuando suba o baje unas escaleras, hágalo siempre de frente.
- 7.- A menos que se tenga experiencia en la construcción de andamios, no trate de construir uno.
- 8.- Los andamios de madera se hacen de madera de buena calidad, las tablas de estos deben tener un espesor no menor de cuatro centímetros.
- 9.- Los andamios deben estar equipados con sus respectivas escaleras.

#### **6.1.4 LEVANTAMIENTOS DE CARGA:**

- 1.- Los métodos de levantamiento incorrecto causan lesiones innecesarias.
- 2.- Antes de levantar un peso, quítese las sustancias grasosas de las manos y del objeto a levantar.
- 3.- Cuando levante un objeto pesado, acérquelo a su cuerpo hasta que este en posición de levantar derecho. Siempre procure levantar el objeto con los músculos de las piernas.
- 4.- Si el peso a trasladar es a cierta altura, poner un wincher en caso de ser posible, o solicite ayuda.

#### **6.1.5 ORDEN Y LIMPIEZA:**

- 1.- Siempre se deben mantener los pasillos y lugares de trabajo limpios, las herramientas y materiales en buen estado, apilados y colocados en forma segura de forma que el que pase no se lesione.
- 2.- Guarde los desperdicios, trapos engrasados y otros materiales inflamables en lugares destinados para esto. Un incendio nos puede dejar sin trabajo.
- 3.- Las salidas siempre tienen que estar despejadas.
- 4.- cuando recoja vidrios hágalo con escoba y pala, nunca con la mano.
- 5.- Antes de llevarse cualquier alimento a la boca, lávese las manos con agua y jabón.
- 6.- Todo material que no sirva, hay que botarlo o depositarlo en el deposito de chatarra destinado para este efecto, nunca tenerlo en el área de trabajo.

#### **6.1.6 EQUIPO DE PROTECCIÓN Y ROPAS SEGURAS:**

- 1.- Sus ojos y su salud no tienen precio. Se debe usar anteojos protectores cuando esmerile, cuando la piedra no este protegida, cuando maneje sustancias irritantes como ácidos o líquidos que puedan salpicar sus ojos.

- 2.- Los soldadores deberán usar anteojos protectores o mascarar acorde a su trabajo, también utilizaran delantales, braceras y perneras de cuero para evitar quemaduras por radiación.
- 3.- Cuando se trabaje en lugares donde existan polvos irritantes, vapores químicos, los trabajadores deberán utilizar mascarar apropiadas según las condiciones de trabajo.
- 4.- Cuando se trabaje en tanques, fosas u otros lugares donde sea posible la concentración de gases, el trabajador deberá usar mascarar con suministro de oxígeno, y nunca deberá bajar o entrar solo.
- 5.- Use en su puesto de trabajo mangas cortas.
- 6.- Mantenga siempre abotonadas sus prendas de vestir.
- 7.- Antes de empezar a trabajar, quítese los anillos, cadenas, pulseras y reloj.
- 8.- Las mujeres no utilizaran tacones altos en el trabajo
- 9.- Para manejar materiales ásperos utilice guantes o agarraderas.
- 10.- Evite el uso de ropa sucia de aceite en zonas donde se da la soldadura, ya que estas pueden coger fuego
- 11.- Los tapones auditivos se pueden usar en los locales donde se produce mucho ruido; estos están señalados en la entrada. Una vez acabado el día se procederá a limpiarlos.

## **6.2 RECOMENDACIONES GENERALES:**

- 1.- Solamente personal experto o con suficiente conocimiento del equipo debe permitírsele reparar o ajustar la caldera.
- 2.- El mantenimiento preventivo de una caldera incluye cuatro elementos de suma importancia:
  - A) El planeamiento de una parada al año para hacer revisión minuciosa del equipo. Esta parada se acostumbra a efectuarse en aquellos meses del año en que el trabajo del equipo es nulo.



B) Las inspecciones periódicas deben ser hechas por mecánicos con un conocimiento absoluto de la caldera en la cual están trabajando.

C) Los reportes y record de trabajo deber ser consultados periódicamente. Estos ayudan a diagnosticar y corregir fallas futuras.

D) Mantener un numero de repuestos básicos a mano. Piezas como electrodos, transformador, fusibles, niveles de cristal, resistencias eléctricas, fotoceldas. Estos elementos mencionados anteriormente, tienen que existir en bodega, ya que son los que mas problemas causan.

- 3.- Todo operador de caldera es responsable del empleo del tratamiento de agua de la caldera. Esto asegurara largos años de trabajo de la unidad.
- 4.- El tipo de grasa para lubricar los motores eléctricos pueden ser: Texaco-Regal Starfak No. 2, Shell-Retinax-A, o cualquier otra marca que esta capacitada a resistir temperaturas altas.
- 5.- Al revisar los ladrillos refractarios debe eliminarse aquellos rotos o quemados y cambiarse. Al repararlos es recomendable emplear FIREFRAX No. 1 o cemento especial SAIRSET, A. P. GREEN o HIDROMIX W. Este cemento se mezcla con agua y se aplica en todas las ranuras que pueda tener el refractario.
- 6.- Al efectuar la limpieza del quemador, se procederá a desmantelar el inyector y los electrodos para hacerles una buena limpieza con solvente. Nunca use alambres o herramientas metálicas, por que pueden deformar el orificio de la boquilla; más bien utilice un trocito de madera suave y puntiaguda. Al armarlo nuevamente, ponga mucha atención en al dimensionamiento y posición de los electrodos con respecto a la boquilla.
- 7.- Nunca despegue ni desconecte el interruptor de la bomba de alimentación de agua mientras la caldera este caliente.
- 8.- Antes de abrir la caldera, esta hay que enfriarla lentamente hasta la temperatura ambiente. De no hacerlo así, se corre el riesgo de que se deteriore esta en forma total.
- 9.- Siempre que un Man-Hole o escotilla de acceso sea abierta, habrá que reemplazar los empaques por unos nuevos para asegurar el buen sellaje.

- 10.- Al reemplazar un fusible, siempre hágalo por otro que tenga idéntico amperaje y voltaje. Evite el uso de puentes, ya que esto puede causar graves daños.
- 11.- Absténgase de usar la caldera como colgador y secador de ropa o para calentar la comida. Graves consecuencias se pueden originar de esta mala costumbre.
- 12.- Trate de evitar que el área de caldera sea empleada como taller mecánico. Por razones de seguridad no debe ejecutarse ningún trabajo continuo de producción alrededor de la caldera.
- 13.- Es obligatorio que el cuarto de caldera sea provisto de extinguidores de incendio para “Fuegos de líquidos inflamables” (o de espuma), y que se mantengan en lugares y condiciones óptimas.
- 14.- En la sala de caldera deben existir barriles que contengan arena seca. Esto se pondrá cerca de las zonas donde exista riesgo de incendio.

### **6.3 CONCLUSIONES:**

La sala de caldera es una parte primordial en el proceso de secado y almacenamiento de granos de la Empresa Walter Ferreti. Si esta falla, también todo el resto del proceso se paraliza. Es de sobra conocido que una paralización imprevista de labores se traduce automáticamente en pérdida para la Empresa, y peor cuando sucede con frecuencia. No sucede así cuando el paro de labores se encuentra debidamente planificado, como en el caso de un mantenimiento preventivo programado. De aquí se desprende que sea de vital importancia la puesta en práctica de un adecuado plan de mantenimiento para la Sala de Calderas. La implementación de este plan, si es bien ejecutado, podrá asegurar que el equipo funcione óptima e interrumpidamente durante el tiempo en que se requiera su explotación.

Dado que este tipo de equipos representan una alta inversión, también es muy importante que el personal que lo opere se encuentre suficientemente capacitado, a fin de asegurar una explotación óptima. Así mismo es indispensable que dicho personal cuente con las necesarias medidas de seguridad. El presente trabajo será de gran utilidad para el

operador, puesto que cubre algunos aspectos de funcionalidad esenciales, tales como el procedimiento de encendido, apagado, durante la operación, etc. También esperamos que sea una herramienta valiosa para el jefe de mantenimiento, el cual encontrara formatos, intervalos de mantenimiento para los equipos, soluciones practicas para mantenimiento correctivo etc. Pero independientemente de que este trabajo pueda ser de utilidad para el operador, así como para el encargado del mantenimiento, de nada servirá si no es puesto en practica por la administración de la empresa, quien es la encargada en primera instancia de planificar y llevar a cabo los distintos programas de la empresa, y de asignar los recursos necesarios para llevarlos a cabo.

Esperamos pues, que de alguna manera nuestro trabajo aquí presentado sirva de guía para la implementación de un adecuado plan de mantenimiento en esta y otras empresas, con la esperanza de contribuir en algo al desarrollo de nuestro país.

## *BIBLIOGRAFÍA*

- Administración de Mantenimiento Industrial  
(Organización, Motivación y control en el Mantenimiento Industrial)  
Autor: E. I. NEWBROUGH  
Editorial: DIANA 8 a. Impresión, Abril 1989.
- Bombas (Selección uso y Mantenimiento)  
Autor: Kenneth McNaughton  
Editorial: McGraw Hill traducción 1ra. Edición, 1989
- Centrales de Vapor  
Autores: G. A. Gaffert  
Editorial: Reverte
- Elemento de Metalurgia  
Autores: Ramón Velásquez Menes y Antonio Ricardo
- Fundamentos de Hornos y Combustibles  
Compilado por: Pedro Estrada Veliz y Roberto Pérez Rodríguez  
Editorial : Pueblo y Educación, Mayo 1982.
- Generadores de Vapor  
Autor: Luis Pérez Gavay  
Editorial: Pueblo, Mayo 1986
- Instalaciones Termo energéticas de las Central Eléctricas.  
Autor : D. P. Elizavou  
Editorial: Euergia, (Moscú) 1981.

- Libros y Manuales Técnicos del Equipo  
Autores: Casas Comerciales
- Manual de la MOGUL (Tratamiento de agua)  
Autor: Mogul División  
1989
- Mejoramiento de la Eficiencia de Operación de Calderas de Vapor  
Autor: Estación experimental de Ing. del Int. Tecnológico de Geografía  
ICAITI
- Metalografía : ( tomo 1 y tomo 2)  
Autor: A. P. Guliaev  
Editorial: MIR 1983
- Metalurgia de la Soldadura  
Autor: Héctor Rodríguez Pérez  
Editorial: Pueblo y Educación 1983
- NFPA 85 A  
Autor: National FIRE Protection Association  
1987
- Pump Handbook  
Autor: Igor Karassik, Joseph Messina, Paul Cooper, Charles Heald  
Editorial: McGraw Hill 1976
- Resistencia de Materiales  
Autor: S. TIMOSHENKO  
Editorial: Espase- Calpe S. A. 1982

- Resistencia de Materiales  
Autor: Freb B. Seely y James O. Smith,  
Editorial: Hispano Americana, 1979
- Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado  
Autores: Jorge Fernández, Julio Matos y Raúl Prim  
Editorial: Pueblo y Educación Mayo 1986
- Standard Handbook of Plant Engineering  
Autor: Robert C, Rosaler y James O. Rice  
Editorial: McGraw Hill 1986
- Steam: It's Generation and Uses  
Autor: Babcock & Wilcox 1984
- Tecnología de los Refractarios  
Autor: Armando Torrez Triana  
Editorial: Ciencia y Técnica, Abril 1971
- Tecnología de Mecánica y Mantenimiento de Calderas  
Compilado por: Rogelio Pérez Valdez  
Editorial: Pueblo y Educación 1986
- Teoría de Generador de Vapor  
Autores: Vladimir Gorbatenko y Feliciano Loo Chirino  
Editorial: Pueblo, Mayo 1986
- Válvulas (Selección, Uso y Mantenimiento)  
Autor: Richard W. Greene  
Editorial: McGraw Hill traducción 1ra. Edición, 1989

# **ANEXOS**

## **Anexo I**

### **Plano del Generador De vapor (Caldera)**



# **Anexo II**

## **Formatos**

### **De mantenimiento**

## FICHA TECNICA

ENABAS				FICHA TECNICA	
EQUIPO:				CODIGO:	
FABRICANTE:					
MODELO:	TIPO:	CAPACIDAD:		PRECIO DE COMPRA:	
PESO:	AREA:	SERIE No.:		FLETE:	
SERVICIOS:				INSTALACION:	
AIRE: <input checked="" type="radio"/> AGUA: <input type="radio"/> GAS: <input type="radio"/> VAPOR: <input type="radio"/>					
LUGAR:	ESPECIFICACIONES DEL MOTOR			TOTAL:	
FABRICANTE:	MODELO:	TIPO:		H.P.:	
WAGNER		-			
VOLTIOS:	RPM:	CICLOS:	FASE:	SERIE:	
440	400				
EQUIPO AUXILIAR					
REPUESTOS QUE SE MANTIENEN EN EXISTENCIA					

SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO

**ORDEN DE TRABAJO**

No. ORDEN: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

SERVICIO / DEPARTAMENTO SOLICITANTE: \_\_\_\_\_

No. DE SOLICITUD DE SERVICIO: \_\_\_\_\_ FECHA DE RECEPCION DE SOLICITUD: \_\_\_\_\_

EQUIPO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_ No. INVENTARIO: \_\_\_\_\_

MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_ SERIE: \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DE FALLA/TRABAJO SOLICITADO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ASIGNADO A:

AREA DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_ CODIGO DEL AREA: \_\_\_\_\_ FECHA ASIGNACION: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TECNICO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_ FECHA ASIGNACION: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TECNICO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_ FECHA ASIGNACION: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TECNICO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_ FECHA ASIGNACION: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL TECNICO: \_\_\_\_\_ CODIGO: \_\_\_\_\_ FECHA ASIGNACION: \_\_\_\_\_

TIPO DE TRABAJO REALIZADO: REPARACION: ( ) MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( ) INSTALACION ( )  
DIAGNOSTICO ( ) SUPERVISION DE CONTRATO ( ) DIAGNOSTICO ( )  
OTROS ( ) ESPECIFIQUE: \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DEL PROBLEMA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FECHA INICIO DEL TRABAJO	FECHA TERMINO DEL TRABAJO	H/H UTILIZADAS	COSTO DE MANO DE OBRA	COSTO DE MATERIALES Y REPUESTOS	COSTOS INDIRECTOS	COSTO TOTAL EN CORDOBAS

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL TECNICO  
RESPONSABLE

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL JEFE  
DE MANTENIMIENTO

\_\_\_\_\_  
FIRMA DE ACEPTACION  
DEL SERVICIO  
DPTO. SOLICITANTE

\_\_\_\_\_  
FECHA DE ACEPTACION CONFORME



SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO

No.

SOLICITUD: \_\_\_\_\_

**SOLICITUD DE SEVICIO**

FECHA SOLICITUD \_\_\_\_\_

ZONA DE TRABAJO: \_\_\_\_\_ SERVICIO/DEPARTAMENTOSOLICITANTE \_\_\_\_\_

EQUIPO \_\_\_\_\_ CODIGO \_\_\_\_\_ No. DE INVENTARIO \_\_\_\_\_

MARCA \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_ SERIE \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DE FALLA/TRABAJO SOLICITADO \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
NOMBRE Y CARGO DEL SOLICITANTE

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL JEFE DEL SERVICIO

\_\_\_\_\_  
SOLO PARA USO DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

FECHA DE RECEPCION DE LA SOLICITUD: ESCRITA \_\_\_\_\_ TELEFONICA \_\_\_\_\_ VERBAL \_\_\_\_\_ PROGRAMADA \_\_\_\_\_

RECIBIDA POR: \_\_\_\_\_

NOMBRE

CARGO

FIRMA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO**  
**CONSOLIDADE DE ORDENES DE TRABAJO**

PERIODO  
DEL: \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_

FECHA\_\_\_\_\_

PAGINA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

AREA \_\_\_\_\_

[illegible]

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_  
JEFE DE MANTENIMIENTO

\_\_\_\_ Vo. Bo. \_\_\_\_  
ING. DE PLANTA

Vo. Bo. \_\_\_\_\_  
ADMINISTRADOR

SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO  
DATOS BASICOS DEL INVENTARIO TECNICO

**A. IDENTIFICACION DEL EQUIPO**

1. NOMBRE DEL EQUIPO												
2. MARCA					3. MODELO							
4. NUMERO DE SERIE				5. AÑO FABRICACION				6. NUMERO INVENTARIO				
7. FUENTE ALIMENTACION		ELECTRICIDAD	VAPOR	GAS	DERIVADO PETROLIO		AIRE	AGUA	OTROS			
8. CARACTERISTICAS ELECTRICAS		CICLO	VOLTAJE		AMPERAJE		POTENCIA		FASES			
9. CARACTERISTICAS MECANICAS DE ENTRADA		AGUA PRESION	VAPOR PRESION	AIRE PRESION		COMBUSTIBLE TIPO		OTRAS				
		CAUDAL		CAUDAL		CAUDAL		CAUDAL				
10. CAPACIDAD SALIDA		GAL/H	CFM	MA	KVP	KVA	KW	HIP	BTU	BHP	OTRAS	

**B. DOCUMENTACION TECNICA**

1. MANUAL OPERACION	(S/N)	2. MANUAL MANTENIMIENTO	(S/N)	3. LISTA DE PARTES	(S/N)
---------------------	-------	-------------------------	-------	--------------------	-------

**C. DATOS DE ADQUISICION**

1. FORMA DE INGRESO	COMPRAO	DOMADO	TRASLADADO	OTROS	2. COSTO DEL EQUIPO (USD)				
3. FECHA DE INICIO DE FUNCIONAMIENTO (D,M,A)					4. VIDA UTIL ESTIMADA EN AÑOS				

**D. DATOS DE FUNCIONAMIENTO**

1. ESTADO DE FUNCIONAMIENTO		NORMAL	IRREGULAR	INACTIVO
2. CONDICION DE LOS OPERADORES		SUFICIENTES	INSUFICIENTES	NO CAPACITADOS

**E. DATOS FUNCIONAMIENTO IRREGULAR/INACTIVIDAD**

1. FECHA INICIAL DEL PROBLEMA (D,M,A)				2. TIPO AVERIA	MECANICA	ELECTRICA	ELECTRONICA	OTRA
---------------------------------------	--	--	--	----------------	----------	-----------	-------------	------

3. CAUSAS DE IRREGULARIDAD O INACTIVIDAD	FALTA DE SUMINISTROS	FALTA DE REPUESTOS	FUENTE ALIMENTA. DEFIC	INSTALACION DEFICIENTE
	AMBIENTE DEFICIENTE	RAZONES DE SEGURIDAD	FALTA DE USO O DEMANDA	REEMPLAZADO/UTILIZABLE
	FALTA PERSONAL MTO	FALTA OPERADOR	FALTA MANUAL TECNICO	EXCESO DE TRABAJO
	USO INDEBIDO	NO INSTALADO	FALTA MTO PREVENTIVO	DESCARTADO (NO USABLE)
	OTROS A ESPECIFICAR			

NOMBRE DEL INVENTARIANTE	CARGO QUE DESEMPEÑA	LUGAR Y FECHA
--------------------------	---------------------	---------------

## REPARACIONES

[illegible]



## TARJETA DE MANTENIMIENTO

AREA: _____ CODIGO: _____	
EQUIPO: _____	
-	
MARCA _____	SERIE: _____

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO

[illegible]

## LISTA DE MATERIALES NECESARIOS

[illegible]

## PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO A: AJUSTES L: LIMPIEZA P: PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO	F: SUSTITUIR LASPIEZAS DESGASTADAS O ESTROPEADAS Y EFECTUAR REPARACIONES MENORES QUE RESULTEN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO R: REVISION GENERAL E: ENGRASE Y LUBRICACION

## CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

[illegible]

## PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CODIGOS:	DE ESTADO	DE MANTENIMIENTO	DE EJECUCION
	N = NORMAL I = IRREGULAR P = INACTIVO	T = TRIMESTRAL S = SEMESTRAL M = MENSUAL	/ = EJECUCION 0 = PENDIENTE

[illegible]

## CONTROL GENERADOR DE VAPOR

FECHA \_\_\_\_\_  
 TURNO DESDE \_\_\_\_\_ A LAS \_\_\_\_\_ OPERADOR \_\_\_\_\_

RESPONSABILIDADES	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00
1.- PRESION DE VAPOR EN CALDERA (BAR)													
2.- PRESION COMBUSTIBLE DE ALIMENTACION DEL QUEMADOR (PSI)													
3.- PRESION DEL COMBUSTIBLE DEL RETORNO DEL QUEMADOR (PSI)													
4.- TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE ( °C )													
5.- TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION (° C)													
6.- TEMPERATURA DE LOS GASES DE ESCAPE (° C)													
7.- DEPRESION DEL TRABAJO DEL HOGAR (mm Hg)													
8.- PRESION BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA EN MARCHA (PSI)													
9.- PURGAS.													
ALTA													
MEDIA													
BAJA													
10.- NIVEL DE COMBUSTIBLE TANQUE # _____													
11.- NIVEL DE QUIMICOS ( )													
12.- APLICACIÓN DE QUIMICOS (TRAT. INTERNO)													
13.- REGULACION DEL TIRO FORZADO													
14.- CONSUMO DE AGUA DE ALIMENTACION													
15.- TEMP. DE CALEFACCION DE COMBUSTIBLE BUNQUER (° F)													
QUEMADOR 1													
QUEMADOR 2													
QUEMADOR 3													
16.- NIVEL DE CALDERA (MM)													
17.- NIVEL DE CALENTADOR DE AGUA (MM)													
18.- NIVEL DE TANQUE DE CONDENSADO (MM)													
19.- PRESION DE LA BOMBA DE CONDENSADO EN MARCHA													
20.- TEMPERATURA DEL CONDENSADO													
21.- TEMPERATURA DEL TANQUE CALENTADOR													
OBSERVACIONES: _____													
_____													
_____													

## CONTROL DE TRATAMIENTO DE AGUA

EMPRESA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

ANALISIS DE LABORATORIO EN ppm.      No. \_\_\_\_\_

Pruebas	Cruda	Ablandada	Alimento	Caldera	Condensado	Desaireador
PH						
Alcal P						
Dureza T						
Dureza Ca						
Dureza Mg						
Cloruros						
Sílice						
Sulfito						
Fosfato						
Hierro						
T. D. S						
Cromatos						

ABLANDADOR:      Operando Bien [   ]      Regenerar [   ]

CALDERA:  
bajos

Valores muy altos

Valores muy



Tratamiento Químico \_\_\_\_\_

Purga:      Incrementar [   ]      Disminuir [   ]

Condensados      Hay arrastre [   ]      PH muy bajo [   ]

Tratamiento \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ELABORADO POR \_\_\_\_\_

RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO \_\_\_\_\_

VALORES

RECOMENDADOS ppm

PH	10.5-11.5
ALC. M	MAX 800
PO4	30-60
SO3	30-60
SiO2	MAX 125
TDS	MAX 2500
DUREZA	0

CONDENSADO:

PH	7.5 - 8.5
TDS	0 – 10

CROMATOS	200 – 400
NITRITOS	200 – 500

**Anexo III**

**Esquema  
De un Sistema de  
Información de  
Ingeniería y mantenimiento**

PROYECTO	SISTEMA	SUB-SISTEMA	COMPONENTES	HERRAMIENTAS
ENABAS Empresa WALTER FERRETTI	SISTEMA DE INFORMACION DE INGENIERIA Y MANTENIMIENTO (S.I.I.M.)	INVENTARIO TECNICO DE EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Inventario de datos eléctricos.</li> <li>*Formato de inventario de equipos.</li> <li>*Inventario de motores, reductor, bombas. y ventilador.</li> <li>*Formato de registro y vida.</li> <li>*Inventario de balineras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Índices tecnológicos.</li> <li>*Inventario técnico de los equipos existentes en la empresa</li> <li>*Creación de códigos por equipos</li> </ul>
		INVENTARIO DE REPUESTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Formato de inventario de repuestos.</li> <li>*Índice de rotación. (Max. Y Min.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Consolidado de repuestos materiales de bodega</li> <li>*Consolidado de repuestos y materiales por equipo</li> </ul>
		SOLICITUD DE SERVICIOS Y ORDENES DE TRABAJO	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Formato de solicitud de servicio.</li> <li>*Formato de Orden de Trabajo.</li> <li>*Control de Actividades y Tiempos .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Distribución de costos p/área y Equipo.</li> <li>*Control de aperturas de O/T</li> <li>*Control de Tiempos de reparación</li> <li>*Evaluación del fondo laboral</li> <li>*Evaluación de costos de Mat y H-H</li> </ul>
		RECURSOS HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Formato de información del recurso técnico calificado.</li> <li>*Formato de evaluación del recurso técnico calificado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Tomar la información de los técnicos</li> <li>*Auxiliarse del área de Personal</li> <li>*Verificación del desarrollo tecnológico vs. Calificación técnica existente</li> </ul>
		MANTENIMIENTO PREVENTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Normación</li> <li>*Procedimientos escritos por equipo</li> <li>*Control de calidad por reparaciones</li> <li>*Cartas de lubricación por equipos</li> <li>*Carta de averías por equipo.</li> <li>*Formato de control de ejecución</li> <li>*Formato planificador del M.P.</li> <li>*Formato de control de caldera</li> <li>*Formato de control de trat. de agua.</li> <li>*Formato de tarjeta de mantenimiento.</li> <li>*Formato consolidado de O/T.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Análisis del banco de datos generados en mantenimiento</li> <li>*Estadísticas</li> <li>*Control de Costos, auxiliarse con Contabilidad</li> <li>*Manuales de los fabricantes</li> <li>*Estudio de movimientos y tiempos de reparación</li> <li>*Establecer estudios por Métodos de la Ruta Crítica</li> </ul>

## **Anexo IV**

### **Tabla de tiempos Por actividades**



ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
1	BOMBA DE COMBUSTIBLE BUNKER # 1							
	CHEQUEAR TENSION DE LA BANDA		0,2	0,3	X			
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		1	2	X			
	CHEQUEAR TEMPERATURA DE COJINETES		2	3		X		
	MOTOR:							X
	QUITAR MOTOR		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		2	10				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA:							X
	DESINTALAR BOMBA		10	15				
	DESARMARLA		20	30				
	INSPECCIONARLA		10	15				
	LIMPIARLA : MANUAL		20	30				
	VAPOR Y SOLVENTE		60	80				
	ARMARLA		30	45				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJES		5	8		X		
2	BOMBA DE COMBUSTIBLE BUNKER # 2							
	CHEQUEAR TENSION DE LA BANDA		0,2	0,3	X			
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		1	2	X			
	CHEQUEAR TEMPERATURA DE LOS COJINETES		2	3		X		
	MOTOR:							X
	QUITAR MOTOR		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		2	10				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA:							X
	DESINTALAR BOMBA		10	15				
	DESRMARLA		20	30				
	INSPECCIONARLA		10	15				
	LIMPIARLA: MANUAL		20	30				
	VAPOR Y SOLVENTE		60	80				
	ARMARLA		30	45				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJE		5	8		X		
3	BOMBA DE COMBUSTIBLE DIESEL # 1		0,2	0,3	X			
	CHEQUEAR TENSION DE LA BANDA		1	2	X			
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		2	3		X		
	CHEQUEAR TEMPERATURA DE LOS COJINETES							
	MOTOR:							X
	QUITAR MOTOR		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		2	10				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA:							X
	DESINTALAR BOMBA		10	15				
	DESARMARLA		20	30				
	INSPECCIONARLA		10	15				
	LIMPIARLA : MANUAL		20	30				
	VAPOR Y SOLVENTE		60	80				
	ARMARLA		30	45				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJES		5	8		X		

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
4	BOMBA DE COMBUSTIBLE BUNKER # 2							
	CHEQUEAR TENSION DE LA BANDA		0,2	0,3	X			
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		1	2	X			
	CHEQUEAR TEMPERATURA DE LOS COJINETES		2	3		X		
	MOTOR:							X
	QUITAR MOTOR		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		2	10				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA:							X
	DESINTALAR BOMBA		10	15				
	DESRMARLA		20	30				
	INSPECCIONARLA		10	15				
	LIMPIARLA: MANUAL		20	30				
	VAPOR Y SOLVENTE		60	80				
	ARMARLA		30	45				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJE		5	8		X		
5	BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA # 1							
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		4	7	X			
	MOTOR:							X
	DESACOPRARLO		15	20				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		10	15				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4500	4800				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		15	20				
	BOMBA:							X
	DESINTALARLA		15	20				
	DESARMARLA		45	60				
	INSPECCIONARLA		15	20				
	LIMPIARLA : MANUAL		30	45				
	ACIDO		60	70				
	ARMARLA		60	80				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJES		5	8		X		
6	BOMBA DE ALIMENTACION DE AGUA # 2							
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		4	7	X			
	MOTOR:							X
	DESACOPRARLO		15	20				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		10	15				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4500	4800				
	ARMARLO		20	30				
	ACOPRARLO		15	20				
	BOMBA:							X
	DESINTALARLA		15	20				
	DESARMARLA		45	60				
	INSPECCIONARLA		15	20				
	LIMPIARLA: MANUAL		30	45				
	ACIDO		60	70				
	ARMARLA		60	80				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJE		5	8		X		
7	BOMBA DE TANQUE DE CONDENSADO # 1							
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		4	7	X			
	MOTOR:							X
	DESACOPRARLO		15	20				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		10	15				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		0	4800				
	ARMARLO		20	30				
	ACOPRARLO		15	20				
	BOMBA:							X
	DESINTALARLA		15	20				
	DESARMARLA		45	60				
	INSPECCIONARLA		15	20				
	LIMPIARLA : MANUAL		30	45				
	ACIDO		60	70				
	ARMARLA		60	80				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJES		5	8		X		
8	BOMBA DE TANQUE DE CONDENSADO # 2							
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		4	7	X			
	MOTOR:							X
	DESACOPRARLO		15	20				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		10	15				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		10	15				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4500	4800				
	ARMARLO		20	30				
	ACOPRARLO		15	20				
	BOMBA:							X
	DESINTALARLA		15	20				
	DESARMARLA		45	60				
	INSPECCIONARLA		15	20				
	LIMPIARLA: MANUAL		30	45				
	ACIDO		60	70				
	ARMARLA		60	80				
	INSTALARLA		20	30				
	ENGRASE DE CHUMACERAS		3	5				X
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJE		5	8		X		
9	VENTILADOR INDUCIDO							
	ENGRASE DE CHUMACERAS		2	5			X	
	TENSION DE LAS BANDAS		3	5	X			
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		5	8	X			
	MOTOR:							X
	DESINTALARLO		10	15				
	MEGEAR		8	13				
	DESARMARLO		45	60				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		15	25				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		8640	9000				
	ARMARLO		45	60				
	INSTALARLO		15	20				
	VENTILADOR:							X
	SACAR TUBO DE ASPIRACION		10	20				
	COMPROBAR EL BALANCEO		3	5				
	LIMPIAR EL VENTILADOR		20	30				
	PONER TUBO DE ASPIRACION		10	20				
	EJE:							
	LIMPIAR CHUMACERAS		15	20			X	
	ENGRASARLAS		2	5			X	
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJES		8	12		X		
10	VENTILADOR FORZADO							
	INSPECCIONAR RUIDOS CARACTERISTICOS		3	5	X			
	CHEQUEAR TEMPERATURA DE LOS COJINETES		2	4		X		
	ENGRASE DE CHUMACERAS		2	5			X	
	MOTOR:							X
	DESINTALARLO		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		15	20				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4600	4800				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	VENTILADOR:							X
	SACAR REJILLA DE PROTECCION		8	12				
	COMPROBAR EL BALANCEO		3	5				
	LIMPIAR EL VENTILADOR		10	15				
	PONER REJILLAS DE PROTECCION		3	5				
	COPLING:							
	REVISAR ALINEAMIENTO DEL COPLING		3	5			X	
	INSPECCIONAR Y SOCAR ANCLAJE		7	10		X		
11	QUEMADOR # 1							
	GIRARLO HACIA FUERA		1	1,5				
	DESMONTARLO		12	15				
	MOTOR:							X
	DESINTALARLO		10	15				
	MEGEAR		4	8				
	DESARMARLO		20	30				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		15	20				
	EMBOBINARLO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA INCORPORADA:							X
	DESINTALARLA		10	15				
	DESARMARLA		12	15				
	LIMPIAR Y ENGRASAR		10	15				
	ARMARLA		12	15				
	INSTALARLA		10	15				
	SERVOMOTOR:							
	CHEQUEARLO		5	10			X	
	CAMBIARLO		10	15				
	LIMPIEZA DE BOQUILLAS		10	15		X		
	AJUSTE DE ELECTRODOS		10	15		X		
	TRANSFORMADOR DE IGNICION:							
	CHEQUEAR LO		5	10			X	
	CAMBIARLO		7	12				
	CABEZA DE COMBUSTION:							
	AJUSTARLA		6	9		X		
	QUITARLA		12	18				X
	PONERLA		12	18				X
	DIFUSOR:							
	AJUSTARLO		4	6		X		
	QUITARLO		13	18				X
	PONERLO		13	18				X
	PRECALENTADOR EV20D:							
	REGULARLO Y AJUSTARLO		5	10		X		
	DESMONTARLO		8	12				X
	DESARMARLO		20	30				X
	LIMPIARLO		30	45				X
	CHEQUEARLO		10	15				X
	ARMARLO		20	30				X
	MONTARLO		8	12				X
	VALVULA SOLENOIDE NA:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	VALVULA SOLENOIDE NC:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	FOTOCELDA:							
	LIMPIARLA		0,2	0,5	X			
	CAMBIARLA		5	8				
	PROGRAMADOR LAL 2:							
	CHEQUEARLO		5	10			X	
	CAMBIARLO		15	20				
12	QUEMADOR # 2							
	GIRARLO HACIA FUERA		1	1,5				
	DESMONTARLO		12	15				
	MOTOR:							X

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	DESINTALARLO		10	15				
	MEGEAR							
	DESARMARLO		20	30				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		15	20				
	EMBOBINARLO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA INCORPORADA:							X
	DESINTALARLA		10	15				
	DESARMARLA		12	15				
	LIMPIAR Y ENGRASAR		10	15				
	ARMARLA		12	15				
	INSTALARLA		10	15				
	SERVOMOTOR:							
	CHEQUEARLO		5	10			X	
	CAMBIARLO		10	15				
	LIMPIEZA DE BOQUILLAS		10	15		X		
	AJUSTE DE ELECTRODOS		10	15		X		
	TRANSFORMADOR DE IGNICION:							
	CHEQUEAR LO		5	10			X	
	CAMBIARLO		7	12				
	CABEZA DE COMBUSTION:							
	AJUSTARLA		6	9		X		
	QUITARLA		12	18				X
	PONERLA		12	18				X
	DIFUSOR:							
	AJUSTARLO		4	6		X		
	QUITARLO		13	18				X
	PONERLO		13	18				X
	PRECALENTADOR EV20D:							
	REGULARLO Y AJUSTARLO					X		
	DESMONTARLO		8	12				X
	DESARMARLO		20	30				X
	LIMPIARLO		30	45				X
	CHEQUEARLO		10	15				X
	ARMARLO		20	30				X
	MONTARLO		8	12				X
	VALVULA SOLENOIDE NA:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	VALVULA SOLENOIDE NC:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	FOTOCELDA:							
	LIMPIARLA		0,2	0,5	X			
	CAMBIARLA		5	8				
	PROGRAMADOR LAL 2:							
	CHEQUEARLO		5	10				
	CAMBIARLO		15	20			X	
13	QUEMADOR # 3							
	GIRARLO HACIA FUERA		1	1,5				
	DESMONTARLO		12	15				
	MOTOR:							X
	DESINTALARLO		10	15				
	MEGEAR							
	DESARMARLO		20	30				
	LIMPIARLO Y ENGRASARLO		15	20				
	EMBOBINARLO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	BOMBA INCORPORADA:							X
	DESINTALARLA		10	15				
	DESARMARLA		12	15				
	LIMPIAR Y ENGRASAR		10	15				
	ARMARLA		12	15				
	INSTALARLA		10	15				
	SERVOMOTOR:							

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	CHEQUEARLO		5	10			X	
	CAMBIARLO		10	15				
	LIMPIEZA DE BOQUILLAS		10	15		X		
	AJUSTE DE ELECTRODOS		10	15		X		
	TRANSFORMADOR DE IGNICION:							
	CHEQUEAR LO		5	10			X	
	CAMBIARLO		7	12				
	CABEZA DE COMBUSTION:							
	AJUSTARLA		6	9		X		
	QUITARLA		12	18				X
	PONERLA		12	18				X
	DIFUSOR:							
	AJUSTARLO		4	6		X		
	QUITARLO		13	18				X
	PONERLO		13	18				X
	PRECALENTADOR EV20D:							
	REGULARLO Y AJUSTARLO					X		
	DESMONTARLO		8	12				X
	DESARMARLO		20	30				X
	LIMPIARLO		30	45				X
	CHEQUEARLO		10	15				X
	ARMARLO		20	30				X
	MONTARLO		8	12				X
	VALVULA SOLENOIDE NA:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	VALVULA SOLENOIDE NC:							
	CHEQUEARLA		3	6		X		
	CAMBIAR BOBINA		5	10				
	CAMBIAR VALVULA		10	15				
	FOTOCELDA:							
	LIMPIARLA		0,2	0,5	X			
	CAMBIARLA		5	8				
	PROGRAMADOR LAL 2:							
	CHEQUEARLO		5	10				
	CAMBIARLO		15	20			X	
14	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 1A	73, 74						
	CHEQUEAR		1	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		10	15				
	PONER ANCLAS		3	5				
	RELLENAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		20	30				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		20	30				
	SACAR AISLANTE VIEJO		5	8				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	10				
	PONER ANCLAS NUEVAS		10	15				
	PONER AISLANTE NUEVO		3	5				
	PONER FORMALETA		8	12				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		8	13				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		5	8				
	SUBIR PUERTA		20	30				
	CERRAR PUERTA		10	15				
15	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 1B	73, 74						
	CHEQUEAR		1	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		10	15				
	PONER ANCLAS		3	5				
	RELLENAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		20	30				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		20	30				
	SACAR AISLANTE VIEJO		5	8				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	10				
	PONER ANCLAS NUEVAS		10	15				
	PONER AISLANTE NUEVO		3	5				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	PONER FORMALETA		8	12				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		8	13				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		5	8				
	SUBIR PUERTA		20	30				
	CERRAR PUERTA		10	15				
16	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 2	73, 74						
	CHEQUEAR		1	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		10	15				
	PONER ANCLAS		3	5				
	RELLENAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		20	30				
	SACAR REFRACTARIO VIEJO		20	30				
	SACAR AISLANTE VIEJO		5	8				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	10				
	PONER ANCLAS NUEVAS		10	15				
	PONER AISLANTE NUEVO		3	5				
	PONER FORMALETA		8	12				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		8	13				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		5	8				
	SUBIR PUERTA		20	30				
	CERRAR PUERTA		10	15				
17	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 3	73, 74						
	CHEQUEAR		1	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		10	15				
	PONER ANCLAS		3	5				
	RELLENAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		20	30				
	SACAR REFRACTARIO VIEJO		20	30				
	SACAR AISLANTE VIEJO		5	8				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	10				
	PONER ANCLAS NUEVAS		10	15				
	PONER AISLANTE NUEVO		3	5				
	PONER FORMALETA		8	12				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		8	13				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		5	8				
	SUBIR PUERTA		20	30				
	CERRAR PUERTA		10	15				
18	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 1A	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTARIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
19	REFRACTARIO PUERTA TRASERA PASO # 1B	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
20	REFRACTARIO VENTANA DE INSPECCION DEL PASO #3	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
21	REFRACTARIO VENTANA DE INSPECCION DEL HOGAR #1	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
22	REFRACTARIO VENTANA DE INSPECCION DEL HOGAR # 2	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				



ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	CERRAR PUERTA		5	7				
23	REFRACTARIO VENTANA DE INSPECCION INFERIOR	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
24	REFRACTARIO VENTANA DE INSPECCION DEL HOGAR # 2	75, 76						
	CHEQUEAR		2	3			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS		1.5	3				
	RELLENAR		2	4				
	REPARACION MAYOR:							
	BAJAR PUERTA		8	12				
	SACAR REFRACTORIO VIEJO		10	13				
	SACAR AISLANTE VIEJO		3	5				
	LIMPIAR Y CEPILLAR		5	7				
	PONER ANCLAS NUEVAS		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	4				
	PONER FORMALETA		2	4				
	PONER REFRACTARIO NUEVO		5	8				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		1	2				
	SUBIR PUERTA		8	12				
	CERRAR PUERTA		5	7				
25	REFRACTARIO BOCA DE QUEMADOR # 1							
	INSPECCIONAR		3	4			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		5	10				
	RELLENAR		7	8				
	APISONAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:	75, 76						
	QUITAR REFRACTORIO VIEJO		20	30				
	FIJAR EL MOLDE		15	20				
	RELLENAR Y APISONAR		45	60				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR EL MOLDE		7	10				
26	REFRACTARIO BOCA DE QUEMADOR # 2							
	INSPECCIONAR		3	4			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		5	10				
	RELLENAR		7	8				
	APISONAR		10	13				
	REPARACION MAYOR:	75, 76						
	QUITAR REFRACTORIO VIEJO		20	30				
	FIJAR EL MOLDE		15	20				
	RELLENAR Y APISONAR		45	60				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR EL MOLDE		7	10				
27	REFRACTARIO DE BOCA DE QUEMADOR # 3							
	INSPECCIONAR		3	4			X	X
	REPARACION MENOR:							
	PIQUETEAR		5	10				
	RELLENAR		7	8				
	APISONAR		10	13				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	REPARACION MAYOR:	75, 76						
	QUITAR REFRACTORIO VIEJO		20	30				
	FIJAR EL MOLDE		15	20				
	RELLENAR Y APISONAR		45	60				
	FRAGUADO		1440	1600				
	RETIRAR EL MOLDE		7	10				
28	REFRACTARIO / TECHO / HOGAR POR METRO CUADRADO	75, 76						
	INSPECCIONAR		1	2			X	X
	PIQUETEAR		3	5				
	PONER ANCLAS CON MAYA METALICA		10	15				
	RELLENAR		5	10				
29	REFRACTARIO PARED IZQUIERDA DEL HOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR POR METRO CUADRADO		1	2			X	X
	SACAR LADRILLOS MALOS		5	10				
	PONER MORTEROS Y LADRILLOS NUEVOS		10	15				
30	REFRACTARIO PARED DERECHA DEL HOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR POR METRO CUADRADO		1	2			X	X
	LIMPIEZA DE RESTOS DE COMBUSTION		10	15			X	X
	SACAR LADRILLOS MALOS		5	10				
	PONER MORTEROS Y LADRILLOS NUEVOS		10	15				
31	REFRACTARIO TABIQUE DE PASO # 1	75, 76						
	INSPECCIONAR		10	15			X	X
	PIQUETEAR		10	15				
	FIJAR ANCLAS		30	45				
	PONER FORMALETA		45	60				
	LLENAR CON CEMENTO REFRACTARIO		20	30				
	FRAGUAR		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		10	20				
32	REFRACTARIO TABIQUE DE PASO # 2	75, 76						
	INSPECCIONAR		10	15			X	X
	PIQUETEAR		10	15				
	FIJAR ANCLAS		30	45				
	PONER FORMALETA		45	60				
	LLENAR CON CEMENTO REFRACTARIO		20	30				
	FRAGUAR		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		10	20				
33	REFRACTARIO TABIQUE DE PASO # 3	75, 76						
	INSPECCIONAR		10	15			X	X
	PIQUETEAR		10	15				
	FIJAR ANCLAS		30	45				
	PONER FORMALETA		45	60				
	LLENAR CON CEMENTO REFRACTARIO		20	30				
	FRAGUAR		1440	1600				
	RETIRAR FORMALETA		10	20				
34	REFRACTARIO PARED IZQUIERDA DEL PREHOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR		20	30			X	X
	CAMBIO DE LADRILLOS POR TRAMO METALICO:	38						
	SACAR LADRILLO AISLANTE		10	15				
	SACAR LADRILLO DE CHAMOTA		10	15				
	PONER MORTERO Y LADRILLO DE CHAMOTA		15	20				
	PONER MORTERO Y LADRILLO AISLANTE		15	20				
35	REFRACTARIO PARED DERECHA DEL PREHOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR		20	30			X	X
	LIMPIAR RESTOS COMBUSTION METRO CUADRADO		30	40			X	X
	CAMBIO DE LADRILLOS POR TRAMO METALICO:	38						
	SACAR LADRILLO AISLANTE		10	15				
	SACAR LADRILLO DE CHAMOTA		10	15				
	PONER MORTERO Y LADRILLO DE CHAMOTA		15	20				
	PONER MORTERO Y LADRILLO AISLANTE		15	20				
36	REFRACTARIO PARED FRONTAL DEL PREHOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR		20	30			X	X
	CAMBIO DE LADRILLOS POR TRAMO METALICO:	38						
	SACAR LADRILLO AISLANTE		10	15				
	SACAR LADRILLO DE CHAMOTA		10	15				
	PONER MORTERO Y LADRILLO DE CHAMOTA		15	20				
	PONER MORTERO Y LADRILLO AISLANTE		15	20				
37	REFRACTARIO PARED DEL TECHO DEL PREHOGAR	75, 76						
	INSPECCIONAR		20	30			X	X
	CAMBIO DE LADRILLOS POR TRAMO METALICO:	38						

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	SACAR LADRILLO AISLANTE		10	15				
	SACAR LADRILLO DE CHAMOTA		10	15				
	PONER MORTERO Y LADRILLO DE CHAMOTA		15	20				
	PONER MORTERO Y LADRILLO AISLANTE		15	20				
38	QUITAR UNA LAMINA METALICA DE LA CUBETA						X	X
	SACAR TORNILLOS		10	15				
	SACAR REGLETAS METALICAS DE SUJECION		1	2				
	SACAR LAMINA METALICA		1	2				
	PONER LAMINA METALICA		1	2				
	PONER REGLETA METALICA DE SUJECION		1	2				
	PONER TORNILLOS		10	15				
39	CAMBIO DE UN TUBO DE ESPEJO PASO # 1	73, 74, 75, 76						
	PREPARAR LA MAQUINA CORTADORA		15	20				
	CORTAR SEGMENTO SOLDADURA CON FRESA CONICA		8	15				
	SACAR TUBO		15	20				
	PULIR CARAS DEL ESPEJO HASRA ANGULO DE SOLDAR		15	20				
	INTRODUCIR TUBO NUEVO		10	13				
	SOLDAR EL TUBO		60	90				
40	CAMBIO DE UN TUBO DE ESPEJO PASO # 2	73, 74, 75, 76						
	PREPARAR LA MAQUINA CORTADORA		15	20				
	CORTAR SEGMENTO SOLDADURA CON FRESA CONICA		8	15				
	SACAR TUBO		15	20				
	PULIR CARAS DEL ESPEJO HASRA ANGULO DE SOLDAR		15	20				
	INTRODUCIR TUBO NUEVO		10	13				
	SOLDAR EL TUBO		30	45				
41	CAMBIO DE UN TUBO DE ESPEJO PASO # 3	73, 74, 75, 76						
	PREPARAR LA MAQUINA CORTADORA		15	20				
	CORTAR SEGMENTO SOLDADURA CON FRESA CONICA		8	15				
	SACAR TUBO		15	20				
	PULIR CARAS DEL ESPEJO HASRA ANGULO DE SOLDAR		15	20				
	INTRODUCIR TUBO NUEVO		10	13				
	SOLDAR EL TUBO		30	45				
42	TAPONEAR UN TUBO DEL PASO # 1	73, 74, 75, 76						
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO1		2	5				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 1		10	15				
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO 2		2	5				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 2		10	15				
43	TAPONEAR UN TUBO DEL PASO # 2	73, 74, 75, 76						
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO1		1	3				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 1		5	10				
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO 2		1	3				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 2		5	10				
44	TAPONEAR UN TUBO DEL PASO # 3	73, 74, 75, 76						
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO1		1	3				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 1		5	10				
	INTRODUCIR TAPON METALICO EN LADO 2		1	3				
	SOLDAR TAPON AL RIBETE DEL TUBO EN LADO 2		5	10				
45	VALVULA PRINCIPAL							
	INSPECCIONAR		0.5	0.8		X		
	DESMONTAR		45	60				X
	LAVADO: MANUAL		60	90				X
	ACIDO		120	140				X
	REVISAR EL ASIENTO		3	5				X
	BRUÑIR ASIENTO Y VASTAGO		30	45				X
	ARMAR Y EMPACAR		50	70				X
46	NIVEL DE VIDRIO # 1							
	INSPECCIONAR		0.3	0.6	X			
	DESMONTAR		15	20			X	
	DESARMAR		30	45			X	
	LIMPIAR CON ACIDO EL VIDRIO		5	10			X	
	EMPACAR		3	8			X	
	ARMAR		30	45			X	
	MONTAR		15	20			X	
47	NIVEL DE VIDRIO # 2							
	INSPECCIONAR		0.3	0.6	X			
	DESMONTAR		15	20			X	
	DESARMAR		30	45			X	
	LIMPIAR CON ACIDO EL VIDRIO		5	10			X	
	EMPACAR		3	8			X	

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	ARMAR		30	45			X	
	MONTAR		15	20			X	
48	AISLANTE DE LA CONCHA							
	INSPECCION POR TRAMOS		5	10				X
	EN CASO DE CAMBIAR:							
	QUITAR LAMINA DE SUJECION		5	8				
	SACAR EL AISLANTE VIEJO		4	7				
	LIMPIAR LA SUPERFICIE METALICA		10	15				
	PONER AISLANTE NUEVO		6	10				
	PONER LAMINA DE SUJECION		5	8				
49	AISLANTE EXTERNO LAMINA METALICA DE PREHOGAR							
	INSPECCIONAR		0.2	0.5			X	X
	EN CASO DE CAMBIO:							
	AFLOJAR VARILLAS TENSORAS		2	3				
	SACAR TABIQUE		2	3				
	REPARAR MEZCLA AISLANTE		8	10				
	HACER EL TABIQUE AISLANTE		20	30				
	CAMBIAR VARILLAS TENSORAS MALAS		10	15				
	PONER TABIQUE		5	10				
	TENSAR		4	8				
50	AISLANTE EXTERNO LAMINA METALICA I# PREHOGAR							
	INSPECCIONAR		0.2	0.5			X	X
	EN CASO DE CAMBIO:							
	AFLOJAR VARILLAS TENSORAS		2	3				
	SACAR TABIQUE		2	3				
	REPARAR MEZCLA AISLANTE		8	10				
	HACER EL TABIQUE AISLANTE		20	30				
	CAMBIAR VARILLAS TENSORAS MALAS		10	15				
	PONER TABIQUE		5	10				
	TENSAR		4	8				
51	AISLANTE EXTERNO LAMINA METALICA F# PREHOGAR							
	INSPECCIONAR		0.2	0.5			X	X
	EN CASO DE CAMBIO:							
	AFLOJAR VARILLAS TENSORAS		2	3				
	SACAR TABIQUE		2	3				
	REPARAR MEZCLA AISLANTE		8	10				
	HACER EL TABIQUE AISLANTE		20	30				
	CAMBIAR VARILLAS TENSORAS MALAS		10	15				
	PONER TABIQUE		5	10				
	TENSAR		4	8				
52	AISLANTE EXTERNO LAMINA METALICA T# PREHOGAR						X	X
	INSPECCIONAR		0.2	0.5				
	EN CASO DE CAMBIO:							
	AFLOJAR VARILLAS TENSORAS		2	3				
	SACAR TABIQUE		2	3				
	REPARAR MEZCLA AISLANTE		8	10				
	HACER EL TABIQUE AISLANTE		20	30				
	CAMBIAR VARILLAS TENSORAS MALAS		10	15				
	PONER TABIQUE		5	10				
	TENSAR		4	8				
53	AISLANTE DE CHIMENEA							X
	INSPECCIONAR		10	12				
	EN CASO DE CAMBIO POR METRO CUADRADO:							
	SACAR LAMINA METALICA		3	5				
	QUITAR AISLANTE VIEJO		1	2				
	LIMPIAR SUPERFICIE METALICA		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	3				
	PONER LAMINA METALICA		3	5				
54	AISLANTE DE TUBERIA DE VAPOR PRINCIPAL							
	INSPECCIONAR		15	20			X	X
	EN CASO DE CAMBIO POR TRAMO DE UN METRO :							
	SACAR GAZADE UNION		0.5	0.8				
	SACAR AISLANTE VIEJO		1	2				
	LIMPIAR SUPERFICIE METALICA		3	5				
	PONER AISLANTE NUEVO		2	3				
	PONER GAZA DE SUJECION		5	8				
55	VALVULA TERMOSTATICA DIFERENCIAL:							
	INSPECCIONAR		2	4	X			
	CAMBIAR EL ELEMENTO DIFERENCIAL		15	20				

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
	CAMBIO DE VALVULA		15	20				
	CAMBIO DE TODO EL CONJUNTO		25	35				
56	VALVULA PRESOSTATICA DIFERENCIAL:							
	INSPECCIONAR		2	4	X			
	CAMBIO DE MEMBRANA DIFERENCIAL		20	30				
	CAMBIO DE VALVULA		15	20				
	CAMBIO DE TODO EL CONJUNTO		30	45				
57	LAVADO QUIMICO ACIDO:		360	1440				
58	LAVADO QUIMICO ALCALINO:		360	1440				
59	CONTROL ELECTROMAGNETICO NIVEL ALTO:							
	INSPECCIONAR		3	5		X		
	ACCIONAR MANUAL		2	3	X			
	CAMBIO DE BOYA		10	15				
	LIMPIEZA DE LOS CONTACTOS		13	18		X		
	CALIBRACION Y AJUSTE		10	15		X		
	CAMBIO DEL CONJUNTO		20	30				
60	CONTROL ELECTROMAGNETICO NIVEL BAJO:							
	INSPECCIONAR		3	5		X		
	ACCIONAR MANUAL		2	3	X			
	CAMBIO DE BOYA		10	15				
	LIMPIEZA DE LOS CONTACTOS		13	18		X		
	CALIBRACION Y AJUSTE		10	15		X		
	CAMBIO DEL CONJUNTO		20	30				
61	PRUEBA HIDROSTATICA:		480	1000				X
62	NIVEL VIDRIO ELECTROMAGNETICO Tk CONDENSADO							
	INSPECCIONAR		5	10	X			
	VERIFICAR IMANTACION DE BOYA		2	4	X			
	REVISAR CAJA DE CONTACTOS		8	12		X		
	LIMPIAR LOS CONTACTOS		3	5		X		
	AJUSTE Y CALIBRACION		13	18		X		
	CAMBIAR UNA CAJA DE CONTACTOS		10	15				
	CAMBIO DE PLUMILLA INDICADORA		8	12				X
63	NIVEL VIDRIO ELECTROMAGNETICO CALENTADOR AGUA:							
	INSPECCIONAR		4	9	X			
	VERIFICAR IMANTACION DE BOYA		2	4	X			
	REVISAR CAJA DE CONTACTOS		8	12		X		
	LIMPIAR LOS CONTACTOS		3	5		X		
	AJUSTE Y CALIBRACION		13	18		X		
	CAMBIAR UNA CAJA DE CONTACTOS		10	15				
	CAMBIO DE PLUMILLA INDICADORA		8	12				X
64	TUBERIA DE COMBUSTIBLE BUNKER ALIMENTACION:							
	INSPECCION		5	10		X		
	LIMPIEZA DEL FILTRO		12	15	X			
	CAMBIO DE UN TUBO		15	20				
	CAMBIO DE UNA VALVULA		10	15				
	LIMPIEZA Y REEMPAQUE DE UNA VALVULA		8	15				
	LIMPIEZA DE LAS AGUJAS DE REGULACION DE PRESION		20	30			X	
65	TUBERIA DE COMBUSTIBLE DIESEL ALIMENTACION:							
	INSPECCION		5	10		X		
	LIMPIEZA DEL FILTRO		12	15	X			
	CAMBIO DE UN TUBO		15	20				
	CAMBIO DE UNA VALVULA		10	15				
	LIMPIEZA Y REEMPAQUE DE UNA VALVULA		8	15				
	LIMPIEZA DE LAS AGUJAS DE REGULACION DE PRESION		20	30			X	
66	TUBERIA DE COMBUSTIBLE BUNKER RETORNO:							
	INSPECCION		5	10		X		
	LIMPIEZA DEL MEZCLADOR		12	15			X	
	CAMBIO DE UN TUBO		15	20				
	CAMBIO DE UNA VALVULA		10	15				
	LIMPIEZA Y REEMPAQUE DE UNA VALVULA		8	15				
67	TUBERIA DE COMBUSTIBLE DIESEL RETORNO:							
	INSPECCION		5	10		X		
	LIMPIEZA DEL MEZCLADOR		12	15			X	
	CAMBIO DE UN TUBO		15	20				
	CAMBIO DE UNA VALVULA		10	15				
	LIMPIEZA Y REEMPAQUE DE UNA VALVULA		8	15				
68	LAVADO DEL TANQUE DE BUNKER # 1:							
69	LAVADO DEL TANQUE DE BUNKER # 2:							
70	LAVADO DEL TANQUE DE DIESEL:							

ACTIV.	DESCRIPCION	ITERACION ENTRE ACTIVIDADES	TIEMPO MIN MINUTOS	TIEMPO MAX MINUTOS	MTTO. SEMANA	MTTO. MES	MTTO. TRIMES.	MTTO. ANUAL
71	DAMPER:							
	INSPECCIONAR		4	6	X			
	LUBRICAR VARILLAS DE REGULACION		2	4	X			
	MOTOR:							X
	QUITAR MOTOR		10	15				
	MEGEAR		1	1.5				
	DESARMARLO		20	30				
	INSPECCIONARLO		5	10				
	LIMPIARLO Y ENGRASERLO		4	7				
	EMBOBINARLO, EN CASO DE SER NECESARIO		4320	4500				
	ARMARLO		20	30				
	INSTALARLO		10	15				
	VENTANAS DE REGULACION:							X
	DESMONTARLAS		15	20				
	LIMPIARLAS		4	8				
	INSTALARLAS		15	20				
72	VALVULA DE SEGURIDAD # 1:							
	ACCIONAR VALVULA MANUALMENTE		0.3	0.7	X			
	MANTENIMIENTO:							X
	DESINTALAR		15	20				
	DESARMAR		120	150				
	INSPECCIONAR		10	15				
	BRUÑIR Y ASENTAR		60	90				
	ARMAR		120	150				
	CALIBRAR		10	15				
	INSTALAR		15	20				
73	ABRIR UNA PUERTA TRACERA:		10	15				
74	CERRAR UNA PUERTA TRASERA:		10	15				
75	ABRIR UNA VENTANA DE INSPECCION:		5	10				
76	CERRAR UNA VENTANA DE INSPECCION:		5	10				
77	SOPLETEAR TUBOS DE FUEGO:		20	40		X		X
78	PRESOSTATOS DE MERCURIO:							
	ACCIONARLOS MANUALMENTE		0.3	1		X		
	INSPECCIONARLOS EN SU REGULACION		0.3	0.6	X			
	CAMBIAR UNO DE ELLOS		5	10				
79	DESCENIZADORES:							X
	SACAR TAPA SUPERIOR		120	180				
	SACAR TAPA LATERAL		60	100				
	SOPLETEAR CON AIRE COMPRIMIDO		40	60				
	PONER TAPA LATERAL		60	100				
	PONER TAPA SUPERIOR		120	180				
80	MANIFOLD DE DISTRIBUCION:							
	INSPECCION		5	10	X			
	CAMBIO DE UNA VALVULA		15	20				
	REEMPACAR UNA VALVULA		30	45				
81	MANIFOLD DE PURGA:							
	INSPECCION		5	10	X			
	CAMBIO DE UNA VALVULA		15	20				
	REEMPACAR UNA VALVULA		30	45				
82	SISTEMA DE PURGAS:							
	INSPECCION		15	20	X			
83	LAVADO DEL LADO DE AGUA DE CALDERA:	84	200	300				X
84	REGISTRO HOMBRE (MAN HOLE):							X
	ABRIRLO		5	10				
	SACAR EMPAQUE VIEJO		2	3				
	LIMPIAR SUPERFICIE		10	15				
	PONER EMPAQUE NUEVO		1	2				
	CERRAR		5	10				
85	PINTAR CALDERA:		480	540				X
86	SOPLETEAR ARMARIO DE DISTRIBUCION # 1		5	8	X			
87	SOPLETEAR ARMARIO DE DISTRIBUCION # 2		5	8	X			
88	SOPLETEAR ARMARIO DE DISTRIBUCION # 3		5	8	X			
89	SOPLETEAR ARMARIO DE DISTRIBUCION # 4		5	8	X			
90	LIMPIEZA DE CONTACTORES							X
	DESMONTAR		3	4				
	DESARMAR		5	6				
	LIMPIAR		4	5				
	ARMAR		5	6				
	MONTAR		3	4				